



FACULTAD DE INFORMÁTICA

TESINA DE LICENCIATURA

Título: Sistema de gestión de alarmas en sistemas de control de proceso industrial

Autores: Soledad Améndola – Alejandro Améndola

Director: Lic. Marcos Boracchia

Codirector: Mg. Pablo Thomas

Asesor profesional: Ing. Ignacio Queirolo

Carrera: Licenciatura en Sistemas

Resumen

Los procesos de una planta industrial son operados monitoreando ciertas variables que dan la información necesaria para que el operador encargado de controlar el proceso pueda saber si la operación está dentro de los límites permitidos y seguros para dicha planta. Si alguna de estas variables sale de estos límites, afectando la calidad de los productos finales, la seguridad o el medio ambiente, debe existir un aviso o notificación que capture la atención del operador para que intervenga y corrija el desvío producido antes de que se presenten las consecuencias de dicho desvío.

La propuesta de tesina consiste en desarrollar una herramienta de software que permita la automatización del monitoreo del funcionamiento del sistema de alarmas, en los Sistemas de Control de Proceso Foxboro del Complejo Industrial Ensenada de YPF, permitiendo identificar si dicho sistema presenta una o varias alarmas que sean una amenaza contra la seguridad de la planta, como así también para el medio ambiente y para la calidad de los productos fabricados.

Palabras Claves

Sistema de gestión de alarmas - Sistemas de Control de Proceso Industrial – Indicadores de performance.

Conclusiones

La herramienta desarrollada en esta tesina asiste en la ejecución de las tareas diarias llevadas a cabo para mantener el sistema de alarmas de los sistemas de control, y asegura su correcto funcionamiento como herramienta de análisis y alerta, en el desempeño de los procesos en los que está implementada.

Se pudo obtener un colector de alarmas que se ajusta perfectamente a las capacidades de los sistemas de control para los cuales se diseñó.

Trabajos Realizados

- Desarrollo de una herramienta de software para calcular los indicadores de performance de los sistemas de alarmas, incluyendo el diseño de los colectores de alarmas y el desarrollo de una planilla de cálculo.

Trabajos Futuros

- Incorporar los mensajes de la cola que corresponden a las acciones del operador.
- Habilitar un módulo que permita al administrador del sistema analizar el estado de la configuración de los datos.
- Agregar la posibilidad de excluir alarmas en las consultas.

Tesina de Grado

Sistema de gestión de alarmas en sistemas de control de proceso industrial

Autores:

Soledad Améndola, 2293/1

Alejandro Améndola, 2597/5

Índice de Contenido

1	Introducción.....	2
1.1	Planteamiento del Problema	2
1.2	Antecedentes	2
1.3	Justificación.....	3
1.4	Organización de los capítulos siguientes	4
2	Objetivos.....	7
2.1	Objetivos Generales.....	7
2.2	Objetivos Específicos	7
3	YPF	9
3.1	Historia. Orígenes	9
3.2	Objetivos como Organización	10
3.2.1	Sustentabilidad	10
3.2.2	Seguridad, Medio Ambiente y Salud	10
3.3	Complejo Industrial Ensenada	12
3.3.1	Productos.....	14
4	Marco Teórico	23
4.1	Alarmas	23
4.2	Sistema de Alarmas.....	23
4.3	Gestión de Alarmas.....	25
4.4	Definición de Prioridad de una Alarma.....	25
4.5	Indicadores de Performance de Alarmas	26
4.6	Recopilación de datos y cálculos de Indicadores.....	29
4.7	Resolución de “Malos Actores”	31
4.8	Bases de datos. Conceptos	32
4.8.1	Stored Procedures	32
4.8.2	Trigger.....	33
4.8.3	Jobs	34
4.8.4	Rebuilding.....	34

4.8.5	Shrinking	35
5	Desarrollo de Herramientas.....	37
5.1	Colector de Alarmas.....	37
5.1.1	Tipos de eventos.....	38
5.1.2	Colector para Sistemas de Control bajo Unix.....	41
5.1.2.1	Implementación para colector bajo Unix.....	43
5.1.3	Colector para Sistemas de Control bajo Windows.....	45
5.1.3.1	Implementación para colector bajo Windows.....	47
5.1.4	Instalación de la base de datos	49
5.1.5	Mantenimiento.....	50
5.2	Desarrollo del software “Gestor de Alarmas”	50
5.2.1	Principales Funcionalidades	50
5.3	Desarrollo de Planilla de Cálculo	58
5.3.1	Funcionamiento.....	59
5.3.1.1	Consultas disponibles.....	60
5.3.1.2	Configuración	67
6	Conclusiones y Trabajos Futuros.....	72
6.1	Conclusiones	72
6.2	Trabajos futuros.....	73
7	Bibliografía	75
8	Anexo I.....	77

Índice de Figuras

Figura 1 - Esquema de unidades del CIE.....	14
Figura 2 - Alarmas por día.....	29
Figura 3 - Alarmas cada 10 minutos	30
Figura 4 - Distribución de alarmas por prioridad	31
Figura 5 - Top 10 alarmas más frecuentes	31
Figura 6 - Alarmas sin las 10 más frecuentes	32
Figura 7 - Arquitectura sistema de control y conexión a red ofimática.....	39
Figura 8 - Diagrama de clases	41
Figura 9 - Arquitectura del sistema	42
Figura 10 - Flujo colector para sistemas bajo Unix.....	45
Figura 11 - Mensajes obtenidos del sistema de control	46
Figura 12 - Flujo colector para sistemas bajo Windows.....	49
Figura 13 - Gestor de alarmas, Selección de planta a analizar.....	51
Figura 14 - Gestor de alarmas, Alarmas por período	52
Figura 15 - Gestor de alarmas, Alarmas más frecuentes	53
Figura 16 - Gestor de alarmas, Alarmas permanentes.....	54
Figura 17 - Gestor de alarmas, Alarmas por prioridad	55
Figura 18 - Gestor de alarmas, Alarmas por tipo	56
Figura 19 - Gestor de alarmas, Secuencia de eventos.....	57
Figura 20 - Gestor de alarmas, Actualización de tags	58
Figura 21 - Planilla de cálculo, Menú 2003.....	60
Figura 22 - Planilla de cálculo, Menú 2007.....	60
Figura 23 - Planilla de cálculo, Distribución de alarmas en el tiempo.....	61
Figura 24 - Planilla de cálculo, Reporte Distribución de alarmas.....	62
Figura 25 - Planilla de cálculo, Reporte Alarmas por prioridad.....	63
Figura 26 - Planilla de cálculo, Reporte Alarmas más frecuentes	65
Figura 27 - Planilla de cálculo, Reporte Alarmas por tipo	66
Figura 28 - Planilla de cálculo, Reporte Secuencia de eventos	67

**Sistema de gestión de alarmas
en sistemas de control de proceso industrial**

Figura 29 - Planilla de cálculo, Menú Opciones.....	69
Figura 30 - Planilla de cálculo, Configuración de la conexión	69
Figura 31 - Planilla de cálculo, Ayuda	70

Índice de Tablas

Tabla 1 - Productos petroquímicos y sus usos	13
Tabla 2 - Características de la configuración de una buena alarma.....	24
Tabla 3 - Matriz de determinación de prioridad de una alarma	26
Tabla 4 - Indicadores KPI según PAS.....	28
Tabla 5 - Tipos de eventos	40
Tabla 6 - Bases de datos Message Manager.....	42
Tabla 7 - Base de datos AlarmMgr, tabla amPlant	43
Tabla 8 - Base de datos MsgMgr1, tabla amTag	44

Lista de Siglas y Acrónimos

CIE: Complejo Industrial Ensenada

CP: Control Processor (Procesador de Control)

DCS: Distributed Control System (Sistemas de Control Distribuidos)

EEMUA: Engineering Equipment and Materials Users Association

FTP: File Transfer Protocol (Protocolo de transferencia de archivos)

KPI: Key Performance Indicator (Indicadores Clave de Performance)

LAB: Lineal Alquil Benceno

LAS: Lineal Alquil Benceno Sulfonado

PAO: Planta de Aprovechamiento de Olefinas

PC: Personal Computer (Computadora Personal)

SP: Stored Procedure (Procedimiento Almacenado)



CAPÍTULO I

Introducción

1 Introducción

La Gestión de Alarmas ha tomado un rol importante en la planificación de la Seguridad en industrias de proceso, como un mecanismo de gestión utilizado para asegurar que las alarmas son correctamente diseñadas e implementadas en los Sistemas de Alarmas de los Sistemas de Control Distribuidos (DCS, Distributed Control System)¹.

En base a estudios previos en el área, siguiendo las normativas establecidas y teniendo como referencia los estándares propios de la empresa, el Complejo Industrial Ensenada (CIE) de YPF, se desarrolló un conjunto de herramientas para la implementación de la Gestión de Alarmas, con el objetivo de que las operaciones sean más confiables y seguras.

1.1 Planteamiento del Problema

Con el advenimiento de los sistemas digitales de control de proceso, la cantidad de alarmas configuradas por operador creció exponencialmente, originando esto que el número de alarmas activadas fuera inmanejable por el operador con el consecuente peligro de que alguna alarma no fuera atendida por el mismo, y que, de este modo se materialicen las consecuencias del desvío que provocó la alarma. La raíz del problema era la simpleza y facilidad con la que una alarma podía ser configurada en los sistemas de control distribuidos haciendo esto que, en caso de no tener implementado una gestión del cambio adecuada, el número de alarmas configuradas llegara a valores altísimos sin considerar la capacidad del operador para responder adecuadamente a cada una de ellas.

1.2 Antecedentes

Los procesos de una planta industrial son operados monitoreando ciertas variables que dan la información necesaria para que el operador encargado de controlar el proceso pueda saber si la operación está dentro de los límites permitidos y seguros para dicha

¹ Queirolo Ignacio, Gestión de alarmas: un punto clave en la planificación de la seguridad, Petrotecnia - Año 52, no. 1. 2011; p. 72-77.

planta. Si alguna de estas variables sale de estos límites, afectando la calidad de los productos finales, la seguridad o el medio ambiente, debe existir un aviso o notificación que capture la atención del operador para que intervenga y corrija el desvío producido antes de que se presenten las consecuencias de dicho desvío. A este aviso o notificación se le denomina alarma de proceso o simplemente alarma y a la parte del sistema de control encargada de generar y presentar alarmas se lo conoce como sistema de alarmas.

Antiguamente, los sistemas encargados de controlar los procesos industriales estaban constituidos por paneles en los cuales se ubicaban los instrumentos con las señales de campo que se utilizaban para monitorear y controlar el proceso. Todo esto estaba en la sala de control de la planta, lugar donde también se alojaba, en un punto perfectamente visible, un panel con etiquetas lumínicas que era utilizado como dispositivo anunciador de alarmas.²

Agregar una nueva alarma en aquellos días era costoso y estaba limitado por el número de etiquetas que disponía el panel de alarmas. Por lo tanto, la cantidad de alarmas configuradas, es decir aquellas variables que disponían de la capacidad de producir una alarma, eran muy pocas respecto al total de variables que se podían ver en el panel de instrumentos.

1.3 Justificación

A partir de lo mencionado anteriormente, la industria en el mundo comenzó a mirar con cierta preocupación estos elevados números y comenzó a implementar lo que se llama Gestión de Alarmas. Esta gestión involucra desde la configuración de un sistema nuevo hasta el mantenimiento y administración de uno existente, abarcando distintas etapas para llegar a lograr un sistema de alarmas que sea una ayuda al operador en alertar tempranamente sobre un desvío en la operación de la planta, que pueda impactar en la seguridad, en el medio ambiente o en la calidad de los productos finales.

² Queirolo Ignacio, Gestión de alarmas: un punto clave en la planificación de la seguridad, Petrotecnia - Año 52, no. 1. 2011; p. 72-77.

Una parte de la gestión de alarmas contempla el cálculo de indicadores clave de performance (KPI, Key Performance Indicator), que sirven para monitorear el funcionamiento del sistema de alarmas y darse cuenta si este sistema es una ayuda al operador o se ha convertido en una perturbación más para él.³

La industria informática aplicada a Sistemas de Control de Proceso ha desarrollado sistemas para calcular estos indicadores, pero la implementación de estos sistemas puede ser costosa y compleja, debido a las interfaces que ellos utilizan y a que no todas las plantas actuales poseen sistemas de control con la habilidad de comunicarse a través de estas interfaces.

1.4 Organización de los capítulos siguientes

La presente tesina está conformada por seis (6) capítulos. El primero, la introducción, presenta la descripción del proyecto, a través del planteamiento, antecedentes y justificación del problema, y en este punto se expone la organización de la tesina. El segundo capítulo, plantea los objetivos generales y específicos, para el desarrollo de las herramientas de Gestión de Alarmas.

A continuación, en el tercer capítulo, se presenta la empresa YPF, donde se realizó el presente trabajo. En este se expone la historia de la empresa, sus orígenes. También abordamos cuáles son sus objetivos como organización teniendo en cuenta conceptos claves como el de Sustentabilidad y Responsabilidad Ambiental. Nos centraremos específicamente a desarrollar un abordaje más exhaustivo de la descripción de la organización del CIE y el funcionamiento de sus diferentes plantas, debido a que es el lugar físico donde se implementaron las herramientas desarrolladas que describimos a lo largo de todo nuestro trabajo.

Seguidamente, en el cuarto capítulo, se desarrollan los fundamentos teóricos más importantes utilizados para el desarrollo de estas aplicaciones. En el capítulo cinco, se describen las herramientas implementadas, partiendo de los estándares propios de la empresa, con el propósito de obtener un sistema más eficiente para dicha empresa.

³ EEMUA Publication No.191 (1999). "Alarm System: A guide to design, management and procurement". The Engineering Equipment and Materials Users' Association.

El último capítulo, presenta las conclusiones extraídas a partir del trabajo efectuado, y las posibles mejoras futuras. Posterior a éste, se muestra la bibliografía empleada y por último el anexo.



CAPÍTULO 2

Objetivos

2 Objetivos

Este capítulo, tiene como propósito presentar los objetivos del proyecto de tesina, exponiendo a continuación los objetivos generales y específicos.

2.1 Objetivos Generales

Desarrollar un sistema para coleccionar, almacenar y realizar cálculos estadísticos con las alarmas de los sistemas de control del Complejo Industrial Ensenada de YPF.

2.2 Objetivos Específicos

Para llevarlo a cabo fue necesario el desarrollo de:

- ✓ Una herramienta de software para el personal del sector encargado de la administración de los sistemas de control con la siguiente funcionalidad:
 - Cálculo de los principales indicadores de performance de un sistema de alarmas.
 - Generación de reportes de acuerdo con los requerimientos planteados en la empresa.
 - Actualización de la información de configuración de las alarmas.
 - Configuración de toda la base de datos.
- ✓ Un colector de alarmas para los sistemas de control de proceso que corren bajo Windows.
- ✓ Una herramienta de uso sencillo y práctico que establezca los principales indicadores, y que será utilizada por el personal de operaciones y procesos de la planta para monitorear la performance del sistema de alarmas.



3 YPF

Este capítulo tiene como finalidad presentar a la empresa YPF, donde se desarrolló la presente tesina. En éste se expone la historia de la empresa, sus orígenes. También abordamos cuáles son sus objetivos como organización teniendo en cuenta conceptos claves como el de Sustentabilidad y Medio Ambiente, Seguridad y Salud. Nos centraremos específicamente a desarrollar un abordaje más exhaustivo de la descripción de la organización del CIE y el funcionamiento de sus diferentes plantas, debido a que es el lugar físico donde se implementaron las herramientas desarrolladas que describimos a lo largo de todo nuestro trabajo.

3.1 Historia. Orígenes

YPF es una empresa argentina dedicada a la exploración, explotación, destilación, distribución y venta de combustibles, lubricantes, fertilizantes, plásticos y otros productos relacionados con la industria.

Es la mayor empresa petrolera de Argentina y la tercera más grande de Sudamérica.

Fue fundada como empresa estatal en 1922, durante la presidencia de Hipólito Yrigoyen, convirtiéndose en la primera gran petrolera verticalmente integrada del mundo. Su ideólogo y primer director fue el coronel Enrique Mosconi.

En 1992 fue privatizada, durante la presidencia de Carlos Saúl Menem. En 1999 fue adquirida por la española Repsol, que se hizo con el control del 97,81 % de YPF tras haber acudido a la oferta pública de adquisición (OPA) de la empresa argentina por un monto de alrededor de 15.000 millones de dólares. En 2012, la entonces presidenta Cristina Fernández de Kirchner anunció el envío al Congreso de un proyecto para expropiar el 51 % del capital accionario de YPF, que fue convertido en ley el 3 de mayo de ese mismo año.

Es la principal empresa de hidrocarburos del país. Su posicionamiento es líder en la producción de recursos no convencionales en latino América con el desarrollo de Vaca Muerta, la segunda formación con recursos de shale gas y cuarta de shale oil del mundo. La empresa cuenta con tres refinerías en Argentina: en La Plata, Luján de Cuyo y Plaza Huincul. En cuanto a la producción petroquímica, posee los complejos industriales de

Ensenada y Plaza Huincul y participa con un 50% en la empresa de fertilizantes nitrogenados Profertil.⁴

3.2 Objetivos como Organización

3.2.1 Sustentabilidad

Para la organización es imprescindible trabajar para el desarrollo energético del país de un modo responsable, con prioridad en la calidad, la preservación del medio ambiente y el cuidado de la seguridad y la salud de los trabajadores. Para ello, se implementó una política específica y transversal a toda la compañía, que promueve las mejores prácticas en Medio Ambiente, Seguridad y Salud. Como resultado, los desafíos de la sustentabilidad se convierten en una oportunidad de innovación, en un modelo diario de trabajo, que concilia el desarrollo del negocio con la creación de valor compartido para el país y cada una de las comunidades donde la compañía desarrolla su actividad. Cuentan con un Plan de desarrollo regional para mejorar la productividad, competitividad y calidad de sus proveedores y de la industria. Se basa en un proceso de mejora continua y está compuesto por módulos que permitirán impulsar el desarrollo de la industria nacional, la innovación tecnológica y la diversificación productiva, así como también optimizar la calidad de los servicios y productos actuales, y generar oportunidades de asociación y creación de nuevas empresas. El programa se está implementando en todas las regiones donde la empresa tiene presencia. Ya se puso en marcha en las provincias de Chubut, Santa Cruz, Neuquén, Mendoza y en las zonas de los complejos industriales.⁵

3.2.2 Seguridad, Medio Ambiente y Salud

La empresa establece como política de gestión prioritaria la seguridad y el cuidado de las personas. Para lograr este objetivo propone el compromiso común de quienes integran YPF para trabajar con un mayor sentido de pertenencia, cuidar la seguridad,

⁴ La República Argentina y su Industria Petroquímica. Instituto Petroquímico Argentino

⁵ www.ypf.com/energiaypf/paginas/sustentabilidad.html

desarrollar la confianza, la solidaridad y el respeto mutuo, teniendo siempre presente que entre todos trabajamos para alcanzar los mismos objetivos.

El cuidado del medio ambiente es uno de los ejes centrales. La prevención de la contaminación, el uso racional de la energía, la disminución del consumo de recursos naturales y de las emisiones y la adecuada gestión de residuos son las conductas que guían las mejores prácticas para el desarrollo de las actividades que realiza YPF.

Principios fundamentales

- Minimizar el impacto sobre el medio ambiente.
- Brindar condiciones de trabajo seguras a través de la aplicación de las mejores prácticas internacionales.
- Mantener un ambiente laboral saludable para todos los trabajadores y la comunidad que nos rodea.

Para ello se compromete a:

- Desarrollar programas de mejora continua, con la asignación de los recursos adecuados y las condiciones necesarias para que los procesos de trabajo sean planificados, ejecutados, controlados y mejorados en forma permanente.
- Capacitar y comprometer a todos los niveles de la organización en el cumplimiento de esta política y de la normativa asociada.
- Integrar los criterios de protección del medio ambiente, seguridad y salud en todas las etapas del ciclo de vida de sus instalaciones industriales, para asegurar la sustentabilidad de las operaciones, mediante la aplicación de las mejores prácticas y los estándares internacionales de la industria.
- Cumplir estrictamente con todas las normas, reglamentos, estándares y leyes de aplicación en materia de protección del medio ambiente, seguridad y salud aplicables a su actividad.
- Desarrollar sus propios estándares en caso de que la normativa vigente no sea suficiente.

- Establecer, comunicar y revisar objetivos y metas para medir y evaluar el desempeño en lo referente a protección del medio ambiente, seguridad y salud.
- Desarrollar y mantener planes de intervención frente a incidentes industriales que puedan afectar el medio ambiente, la seguridad o la salud de los trabajadores y la comunidad.
- Trabajar exclusivamente con proveedores y contratistas que adhieran a sus principios y puedan demostrar de manera auditable la aplicación de una política de protección del medio ambiente, seguridad y salud.
- Establecer asociaciones comerciales e industriales sólo con socios que mantengan altos estándares en protección del medio ambiente, seguridad y salud.⁶

3.3 Complejo Industrial Ensenada

El CIE es el principal complejo petroquímico de la Argentina con una producción anual de 950.000 toneladas. Integrado a la mayor refinería del país y provisto por ésta de las principales materias primas, nafta virgen y gas licuado de petróleo.

En este complejo se elaboran la mayoría de los productos comercializados por Química YPF.

Química es la unidad responsable de la comercialización y distribución de productos de origen petroquímico elaborados en los diferentes complejos de YPF ubicados a lo largo del país.

Estos productos tienen como destino los mercados químico, industrial y agrícola de Argentina, Latinoamérica y resto del mundo y representan la materia prima de una gran variedad de productos presentes en la vida cotidiana. La tabla 1 presenta los productos y sus usos.⁷

⁶ www.ypf.com/energiaypf/paginas/cmass.html

⁷ www.ypf.com/productosyservicios/Paginas/Quimica.aspx

**Sistema de gestión de alarmas
en sistemas de control de proceso industrial**

<i>Producto</i>	<i>Uso</i>
Metanol	Biodiesel, Formaldehído, Anticongelantes, MTBE, TAME, Solvente, etc.
INOL 9	Agentes de flotación, Ésteres para termoplásticos, Tensioactivos no iónicos, etc.
Lineal Alquil Benceno	Fabricación de LAS.
Lineal Alquil Benceno Sulfonado	Detergentes biodegradables líquidos y en polvo.
Benceno, Tolueno, Xileno Mezcla, Ortioxileno, Aromático Pesado	Pinturas, Adhesivos, Tintas, Barnices, Detergentes, Plastificantes, Mejoradores octánicos, Síntesis química, etc.
Solvente C, Solvente B, Aguarrás, NC5, Ciclohexano	Extracción de aceites vegetales, Diluyentes de variadas formulaciones, Materias primas para la fabricación de nylon, EPS, DINP, etc.
Poliisobutileno	Aditivos para lubricantes, Film stretch, Masillas, Adhesivos, Selladores, etc.
Anhídrido Maleico	Resinas (poliéster insaturadas, maleicas y otras), Aditivos para lubricantes, Productos agrícolas, Copolímeros, etc.
Buteno 1	Co-monómero para el polietileno, Intermedio para la fabricación de aldehídos, Alcoholes, etc.
Propano-Propileno	Combustible, Materia prima para la síntesis de olefinas, etc.

Tabla 1 - Productos petroquímicos y sus usos

En la figura 1 podemos ver las diferentes plantas del complejo: Aromáticos, Olefinas, LAB-LAS, Polibutenos-Maleico, las materias primas provistas por la Refinería La Plata y los principales productos elaborados en cada planta.

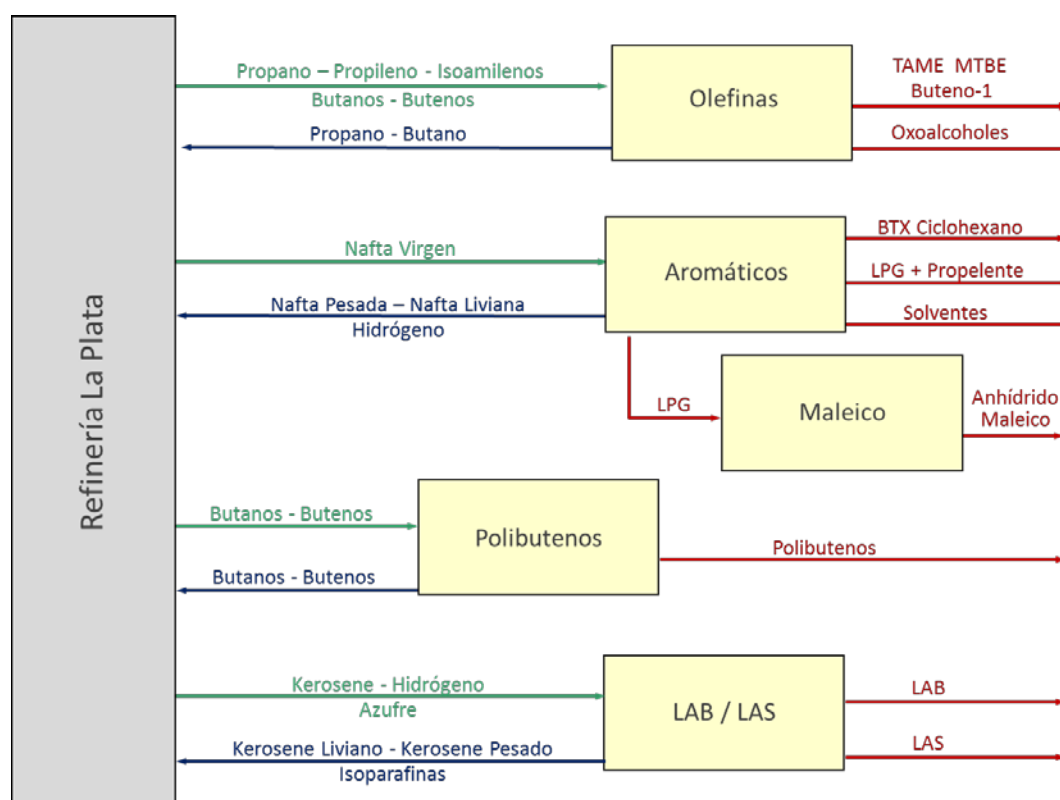


Figura 1 - Esquema de unidades del CIE

3.3.1 Productos

A continuación, se describen algunos de los productos elaborados en las diferentes plantas del complejo y sus usos.

- **Ortoxileno**

Este compuesto es obtenido a partir de un proceso de aromatización catalítica de una corriente liviana de hidrocarburo y separado del resto de sus isómeros por una operación de destilación. Como sus otros isómeros, su estructura molecular está conformada por un anillo bencénico alquilado con dos grupos metílicos.

Se lo utiliza en la síntesis del anhídrido ftálico, de colorantes, plastificantes del PVC, en la elaboración de resinas poliéster y alquídicas (pinturas y barnices), insecticidas, carburantes para motores, etc.⁸

⁸ www.ypf.com/productosyservicios/Paginas/Ortoxileno.aspx

- **Benceno**

El benceno comprende seis átomos de carbono y seis de hidrógeno, configurando una estructura en forma de anillo. Es un líquido claro, incoloro, y volátil, con un olor “aromático” característico. Industrialmente, se lo obtiene del “reformado”. Tiene numerosos usos.

Se lo utiliza en la química básica, generalmente como materia prima para la elaboración de diversos productos: fenol, ciclohexano, estireno, detergentes sintéticos, derivados clorados, anhídrido maleico y colorantes. Se usa, además, en la elaboración de adhesivos, laminados y caucho sintético.

Se recomienda prohibir terminantemente el uso de benceno para la limpieza de piezas, equipos, ropas, cualquier tipo de telas, manos, etcétera, por su alto riesgo para la salud y el medio ambiente.⁹

- **Ciclohexano**

Este compuesto nafténico o cicloparafínico es obtenido a partir de la hidrogenación catalítica del benceno. Es un producto cristalino de alta pureza y de una solubilidad similar a los parafínicos. Su estructura química es la de un anillo de seis átomos de carbono saturados.

Se lo emplea en la síntesis de caprolactama, ácido adípico y hexametilendiamina para la elaboración de distintos tipos de nylon y fibras poliamídicas, disolventes de ésteres de celulosa, resinas, caucho crudo, extracción de aceites esenciales, pinturas, etc.¹⁰

- **Tolueno**

Es un líquido transparente, con un olor aromático característico (algo más suave que el benceno). Generalmente se produce junto con el benceno, los xilenos y los aromáticos de C9, por “reformado catalítico” de la nafta, separándose luego por fraccionamiento. Es el solvente hidrocarbonado con más fuerte poder disolvente.

⁹ www.ypf.com/productosyservicios/Paginas/Benceno.aspx

¹⁰ www.ypf.com/productosyservicios/Paginas/Ciclohexano.aspx

Es utilizado como disolvente de pinturas, gomas, resinas, aceites, caucho, lacas y adhesivos. Materia prima para la obtención de benceno, fenol, caprolactama, resinas de poliuretano, colorantes y ácido benzoico (conservante de alimentos). También tiene un uso muy importante en la obtención de TDI (toluen diisocianato).¹¹

- **Xileno Mezcla**

Denominado también xilol, es una mezcla de isómeros del xileno (meta, para y ortoxileno) y etilbenceno. Son hidrocarburos aromáticos de C₈, principalmente m-xileno, etilbenceno, y p-xileno, ya que el ortoxileno ha sido parcialmente separado en el proceso.

Es utilizado en formulaciones de gasolinas para aviación, de thinners, para elaboración de revestimientos protectores, agroquímicos, etc. Buen disolvente para resinas alquídicas, lacas, esmaltes, cementos de caucho, etc.¹²

- **Solvente C**

Es una mezcla de hidrocarburos, constituida principalmente por normales e iso parafinas de C₆.

Su principal destino es la industria extractiva de aceites vegetales (comestibles o no), como el maní, girasol, oliva, maíz, soja, uva, algodón, tuna, ricino, cáñamo, palta, etc., en la que se emplea para extraer el aceite directamente de la semilla triturada o de la torta que produce la prensa.¹³

- **Solvente B**

Es una mezcla de hidrocarburos, constituida principalmente por normales e iso parafinas.

Este solvente tiene una curva de destilación que se ajusta para satisfacer las exigencias de los fabricantes de artículos de caucho en general, como globos de juguetes, pelotas,

¹¹ www.ypf.com/productosyservicios/Paginas/Tolueno.aspx

¹² www.ypf.com/productosyservicios/Paginas/Xilenos-Mezcla.aspx

¹³ www.ypf.com/productosyservicios/Paginas/Solvente-C.aspx

chupetes, tetinas, guantes, burletes, etc. En este tipo de industria se lo utiliza para el mojado de superficies a pegar y para la preparación de los adhesivos de contacto. En el pegado de las bandas de rodamiento de cubiertas y parches de cámaras en caliente, donde el secado se realiza en diversos tiempos, en función de la temperatura, este solvente permite operar cómodamente por su evaporación controlada. También, por su amplio rango, es apto para uso general en talleres e industrias, en limpieza y desengrasado, o en uso doméstico, cuando se requiere un rápido secado de las superficies a limpiar.¹⁴

- **Aguarrás**

El aguarrás es una mezcla de parafinas, cicloparafinas e hidrocarburos aromáticos con rangos de ebullición que están entre 145 °C y 218 °C. Son líquidos incoloros como el agua, químicamente estables, no corrosivos y con un suave y dulce olor. No deja manchas luego de evaporado.

Se lo utiliza principalmente como diluyente de pinturas, para lo cual reúne las siguientes características:

- ✓ Alto poder disolvente.
- ✓ Se evapora rápidamente al principio, con lo cual no permite que la pintura se corra.
- ✓ Reduce la viscosidad y permite la aplicación en películas delgadas y uniformes.

La evaporación final es lenta, por lo tanto, evita el secado de la pintura en el aplicador y permite pinceladas de recubrimiento uniforme.

La industria metalúrgica, lo utiliza como desengrasante. También dan uso a este diluyente las fábricas de cera y pomadas, las ferreterías, las tintorerías industriales, pinturerías, etc.¹⁵

¹⁴ www.ypf.com/productosyservicios/Paginas/Solvente-B.aspx

¹⁵ www.ypf.com/productosyservicios/Paginas/Aguarras.aspx

- **Normal Pentano**

Líquido incoloro extremadamente inflamable, y combustible a temperatura ambiente. Es un solvente alifático obtenido a partir de una extracción molecular. Posee una alta tensión de vapor a temperatura ambiente, y está constituido fundamentalmente por parafinas normales de cinco átomos de carbono saturados.

Es usado en procesos de extracción con solvente, para la preparación de pesticidas, en polimerización (poliestireno expandible), desorción de procesos de tamiz molecular, etc.¹⁶

- **Buteno 1**

Se trata de un gas de muy alta pureza (mayor de 99%), obtenido por destilación e hidrogenación selectiva, a partir de una corriente de butanos/butenos proveniente del cracking catalítico.

El buteno 1 es utilizado en la producción de butil mercaptán, óxido de butileno, succinimida (como dispersante), intermedios de aldehídos, alcoholes y otros derivados de C4, y como comonomero en la obtención de polietilenos de baja y alta densidad.¹⁷

- **Lineal Alquil benceno (LAB)**

El lineal alquil benceno (LAB) es un producto líquido límpido, de olor característico, constituido por una mezcla de mono alquil bencenos lineales. El producto LAB liviano (PM 242) tiene menor % FenilC14 y mayor % FenilC10 que el producto LAB pesado (PM 246), en el que sucede lo opuesto.

Es utilizado principalmente en la síntesis de detergentes biodegradables para uso doméstico e industrial.¹⁸

¹⁶ www.ypf.com/productosyservicios/Paginas/Normal-Pentano.aspx

¹⁷ www.ypf.com/productosyservicios/Paginas/Buteno-1.aspx

¹⁸ www.ypf.com/productosyservicios/Paginas/LAB-Lineal-Alquil-benceno.aspx

- **LAS**

Este producto se obtiene a través de un proceso de sulfonación con gas trióxido de azufre, de una fina película circulante de lineal alquil benceno (LAB). En este proceso de sulfonación los reactivos entran en contacto en cantidades estequiométricas, por lo que prácticamente no se producen secundarios en el producto terminado.

Se lo emplea fundamentalmente para la producción de detergentes biodegradables para uso domiciliario, o industrial (líquidos o sólidos), champús, etc.¹⁹

- **LAS 90**

Este producto se obtiene a través de un proceso de sulfonación del lineal alquil benceno (LAB).

Se lo emplea fundamentalmente para la producción de detergentes biodegradables para uso domiciliario e industrial (líquidos o sólidos), etc.²⁰

- **LAS Regional**

Este producto se obtiene a través de un proceso de sulfonación, con gas trióxido de azufre, de una fina película circulante de lineal alquil benceno (LAB). En este proceso de sulfonación los reactivos entran en contacto en cantidades estequiométricas, por lo que prácticamente no se producen compuestos secundarios en el producto terminado.

Se lo emplea fundamentalmente para la producción de detergentes biodegradables para uso domiciliario o industrial (líquidos o sólidos), champús, etc.²¹

¹⁹ www.ypf.com/productosyservicios/Paginas/LAS.aspx

²⁰ www.ypf.com/productosyservicios/Paginas/LAS-90.aspx

²¹ www.ypf.com/productosyservicios/Paginas/LAS-Regional.aspx

- **Aromático Pesado**

Este solvente aromático está compuesto por una mezcla de aromáticos mono, di y trialquilados con compuestos alifáticos. Es un líquido claro, libre de sedimentos, de una alta solubilidad.

Se lo utiliza para la preparación de solventes, agroquímicos y esmaltes de horneo (automóviles, heladeras, lavarropas).²²

- **Anhídrido Maleico Briquetas**

El anhídrido Maleico es un producto puro, sólido, en forma de briquetas, obtenido a partir de una corriente de n-butano con un catalizador a base de óxidos metálicos y posterior destilación.

Las principales industrias que usan el Anhídrido Maleico son las química, textil, alimentaria, y cosmética. También tiene mucho uso en la fabricación de resinas como la poliéster no saturada (PRFV), resinas maleicas (en lacas, pinturas, tintas de imprenta), resinas alquídicas modificadas, y otras como fumáricas, poliamídicas, y colofónicas. Otros usos: en aditivos de aceites lubricantes, plastificantes, productos agrícolas, agentes tensioactivos, copolímeros, etc.²³

- **PIB 0**

Los polibutenos se obtienen de la polimerización selectiva de una corriente de butanos-butenos rica en isobutileno, al reaccionar con un catalizador ácido (tricloruro de aluminio). Estos polímeros son predominantemente 95-100% monoolefinas, químicamente estables, permanecen en estado líquido, con moderada a alta viscosidad, resisten oxidación por luz y moderado calor, son completamente hidrófobos e impermeables al agua, vapor y gases, y no dejan residuos al volatilizarse o por descomposición térmica.

²² www.ypf.com/productosyservicios/Paginas/Aromatico-Pesado-220.aspx

²³ www.ypf.com/productosyservicios/Paginas/Anhídrido-Maleico-Briquetas.aspx

Son usados principalmente en formulaciones de tintas, como carrier para fertilizantes, como aceites eléctricos para tubos en sistemas de cables, adhesivos, selladores, etc.²⁴

²⁴ www.ypf.com/productosyservicios/Paginas/PIB-0.aspx



CAPÍTULO 4

Marco Teórico

4 Marco Teórico

La excelencia en Seguridad se logra mediante la gestión integrada de todos los factores críticos del proceso de trabajo. En este sentido, se han llevado a cabo numerosas investigaciones en el área con el objetivo de mejorar el manejo de los Sistemas de Gestión de Alarmas, establecidos en los procesos industriales.

Por lo tanto, es importante explicitar los términos, conceptos y normativas relacionadas con el tema, por lo que en este capítulo se presenta una recopilación de todo lo referente al mismo.

4.1 Alarmas

Una alarma es toda aquella señal o aviso que se activa por algún evento y que requiere una acción por parte del operador.

Con el advenimiento de los sistemas digitales de control de proceso, la cantidad de alarmas configuradas por operador creció exponencialmente, originando esto que el número de alarmas activadas fuera inmanejable por el operador con el consecuente peligro de que alguna alarma no fuera atendida por el mismo, y que, de este modo se materialicen las consecuencias del desvío que provocó la alarma. La raíz del problema era la simpleza y facilidad con la que una alarma podía ser configurada en los sistemas de control distribuidos (SCD) haciendo esto que, en caso de no tener implementado una gestión del cambio adecuada, el número de alarmas configuradas llegara a valores altísimos sin considerar la capacidad del operador para responder adecuadamente a cada una de ellas.²⁵

4.2 Sistema de Alarmas

Un sistema de alarmas hace referencia al conjunto de herramientas y dispositivos que proveen a los operadores de señales audibles y/o visibles, que le indican que el proceso

²⁵ Queirolo Ignacio, Gestión de alarmas: un punto clave en la planificación de la seguridad, Petrotecnia - Año 52, no. 1. 2011; p. 72-77.

supervisado, se encuentra en una condición inaceptable, teniendo como objetivo mantener la planta dentro de las condiciones de operación segura, permitiendo reconocer y actuar ante situaciones anormales.

Un sistema de alarmas deficiente puede influenciar negativamente a una compañía a través de múltiples maneras: con pérdidas de producto, daños de equipo e inclusive lesiones humanas, además de una mala reputación al nombre de la empresa.

Se ha encontrado que un alto porcentaje de estas pérdidas, están relacionadas a errores cometidos por personas. Dentro de estos factores de tipo humano, se incluye la proliferación del número de alarmas y la habilidad de operadores de responder rápida, eficiente y correctamente bajo condiciones de alarma.

Como consecuencia, el manejo de alarmas ha incrementado la importancia del rol de operador quien interactúa directamente con los DCS (Distributed Control Systems – Sistemas de Control Distribuido). La función del sistema de control es mantener el proceso dentro de los rangos de operación normal; mientras que el rol del operador está vinculado a garantizar las condiciones de operación óptimas, certificando los valores de las variables; en caso contrario, responder de manera rápida y eficiente con acciones que retomen la condición normal del proceso, o en su defecto, llevar a planta a un estado de parada segura, si las condiciones son inmanejables o de alto riesgo.

Las alarmas y los sistemas de gestión de alarmas deben cumplir con ciertas características básicas²⁶, estas características se especifican en la tabla 2.

Características	Justificación
Relevante	Que no sea espuria o de bajo valor operacional
Única	No debe ser el duplicado de otra alarma
Oportuna	No debe aparecer mucho antes de tomar una acción o muy tarde para no poder hacer nada
Priorizada	Le indica al operador la importancia que debe darle al problema
Entendible	Debe arrojar un mensaje claro y entendible
Diagnóstica	Identifica el problema que ocurre
Consultiva	Indica la acción que debe ser tomada (acción correctiva)
Enfocada	Orienta la atención hacia los asuntos de mayor importancia

Tabla 2 - Características de la configuración de una buena alarma

²⁶ EEMUA Publication No.191 (1999). "Alarm System: A guide to design, management and procurement". The Engineering Equipment and Materials Users' Association.

4.3 Gestión de Alarmas

La Gestión de Alarmas es un proceso por el cual las alarmas son diseñadas, monitoreadas y gestionadas para asegurar operaciones más confiables y seguras. El primer error es asumir que la Gestión de Alarmas tiene que ver con reducir alarmas. El objetivo es mejorar la calidad actuando sobre la tasa de alarmas durante la operación normal, la tasa de alarmas durante situaciones anormales, la prioridad de las alarmas y los problemas relacionados con el Mantenimiento y la Operación/Control.

La motivación para hacer Gestión de Alarmas se fundamenta en mejorar el ambiente de trabajo del operador (su ergonomía) evitando la sobrecarga del mismo, evitar paradas inesperadas, hacer la operación más segura logrando de este modo mejorar la confiabilidad de la planta.

4.4 Definición de Prioridad de una Alarma

La prioridad de la alarma comunica la seriedad de una condición específica del proceso al operador. Es recomendable utilizar pocos niveles de prioridad, por ejemplo 3 (Alta, Media y Baja o Emergencia, Alta y Baja). La determinación de la prioridad de una alarma es función de:

- ✓ El tiempo disponible del operador para responder exitosamente a la alarma
- ✓ La severidad de las consecuencias en caso de que el operador no respondiese a la alarma

La severidad de las consecuencias se puede obtener a partir de una matriz que contemple el impacto en la seguridad de las personas, las instalaciones o pérdida de producción y el medio ambiente para luego tomar la severidad mayor como la resultante. Con estos dos factores se utiliza la matriz de determinación de prioridades para encontrar la prioridad de la alarma analizada. De acuerdo con las recomendaciones de las mejores prácticas, la tabla 3 puede utilizarse para determinar la prioridad de una alarma.²⁷

²⁷ Hollifield & Habibi. The Alarm Management Handbook.

<i>Severidad de las Consecuencias</i>				
Tiempo Disponible	Ninguna	Menor	Mayor	Severa
>30 Min	Sin Alarma	Sin Alarma	Sin Alarma	Sin Alarma
10-30 Min	Sin Alarma	Baja	Baja	Alta
3-10 Min	Sin Alarma	Baja	Alta	Alta
<3 Min	Sin Alarma	Alta	Emergencia	Emergencia

Fuente: PAS

Tabla 3 - Matriz de determinación de prioridad de una alarma

4.5 Indicadores de Performance de Alarmas

Para definir la performance de un sistema de alarma es necesario especificar un conjunto de indicadores de performance (KPIs). Los KPI se deben calcular sobre un período razonable de tiempo, por ejemplo, una semana. EEMUA, a través de su publicación 191, presenta algunos indicadores que pueden ser utilizados a la hora de evaluar la performance de un sistema de alarmas. Los KPIs sugeridos son:

- ✓ Tasa Promedio de Alarmas (Average Alarm Rate)
- ✓ Máxima Tasa de Alarmas (Maximum Alarm Rate)
- ✓ % de tiempo que la Tasa de Alarmas está fuera del umbral aceptable (% of time Alarm Rate are outside of acceptability target)

Estos índices se calculan por operador y generalmente se utiliza un intervalo de 10 minutos.

- **Tasa Promedio de Alarmas**

Es una simple medida del nivel promedio de interrupciones impuestas al operador. Se calcula como:

Número total de alarmas anunciadas al operador / número total de intervalos de tiempo.

- **Máxima Tasa de Alarmas**

Es la peor carga impuesta al operador en un intervalo de 10 minutos. Es calculado a partir de dividir el log de alarmas en intervalos de 10 minutos y luego registrando el máximo número de alarmas anunciado al operador en cualquiera de los intervalos.

Siempre es expresado por intervalo de tiempo utilizando como base 10 minutos y luego multiplicar ese número por 6 en los casos que se requiera darlo por hora.

- **Porcentaje de tiempo que la tasa de alarmas excede el objetivo aceptable**

Es una medida de la porción del tiempo en que las alarmas del sistema están fuera de la tasa de alarmas aceptable. El índice es calculado dividiendo el log de alarmas en el intervalo de tiempo requerido (usualmente 10 minutos) y luego calculando el número de alarmas anunciadas al operador en todos los intervalos. La proporción del tiempo en que el número de alarmas excede el umbral es expresado en porcentaje (por ejemplo, si en 1 de 10 intervalos se superó el objetivo se tendría el 10%).

- **Número de períodos con intensa actividad de alarmas**

El índice mide el pico en la actividad de las alarmas. Se calcula dividiendo el log de alarmas en intervalos de 10 minutos y calculando el número de alarmas anunciadas al operador en cada uno de estos intervalos. El número de intervalos en donde la cantidad de alarmas supera el objetivo de 100 alarmas es contado. Finalmente, el índice puede expresarse en un porcentaje del total de intervalos. La idea es reducir este porcentaje.

- **Alarmas Suprimidas**

Este índice tiene dos partes. La primera parte es el cálculo de las alarmas suprimidas. El objetivo de este valor es que esté por debajo de 30. La segunda parte es la medición de la duración de cada alarma suprimida. La Gestión de Alarmas debe definir una estrategia que contemple las revisiones necesarias para tener bajo control la supresión de las alarmas.

- **Alarmas Permanentes**

Este índice tiene dos partes. La primera parte es el número de alarmas permanentes. Su objetivo es que esté por debajo de 10. La segunda parte es la medición del tiempo para lo cual una alarma activa se considera permanente, una buena definición sería aquellas que permanecen activas por más de un turno de 12 horas o de un día completo.

- **Alarmas Más Frecuentes**

Es una buena indicación de aquellas alarmas que impactan con mayor peso en la tasa de alarmas de manera de reconocer los “malos actores” que cargan el sistema. Se calcula expresando el número total de ocurrencias de las 10 alarmas más frecuentes como un porcentaje del total de alarmas en el período de medición.

De manera similar a EEMUA, PAS define algunos indicadores junto a sus valores objetivos para evaluar el funcionamiento de un sistema de alarmas. Estos KPIs se detallan en la tabla 4.

<i>Indicador Clave de Performance</i>	<i>Objetivo Interino</i>	<i>Objetivo a Largo Plazo</i>
Promedio de Alarmas	<300 por día	<150 por día
Porcentaje del tiempo en que se excede el promedio de alarmas deseado como meta	5%	0%
Distribución de prioridad de alarmas activadas en al menos una semana de datos recopilados	~80% Baja, ~15% Media, <=5% Alta	~80% Baja, ~15% Media, <=5% Alta
Alarmas Suprimidas	Cero (A menos que sea parte de una estrategia definida para desactivarlas temporalmente, supresión de avalanchas, control basado en el estado de la planta)	
Alarmas Repetitivas (ocurrencias de alarmas que entran y salen muchas veces continuamente)	10 ocurrencias o menos en un período de una semana	0 ocurrencias por día
Alarmas permanentes (más de 24 horas activadas)	20 o menos en un período de una semana	0 por día
Inundación (de 10 a 20 alarmas en un período de 10 minutos)	<=5 por día	<=3 por día
Avalanchas (>20 alarmas en un período de 10 minutos)	<=3 por día	0 por día
Cambios en la Prioridad de las Alarmas, Puntos de Disparos, Supresión	Ninguno que no haya sido autorizado. Ninguno que no sea parte de una estrategia definida para desactivar alarmas temporalmente	

Tabla 4 - Indicadores KPI según PAS

4.6 Recopilación de datos y cálculos de Indicadores

Para el cálculo de los KPIs se debe elaborar una base de datos con la configuración de las alarmas. Usualmente esta se obtiene al extraer la configuración de las alarmas instaladas del DCS. A los análisis que utilizan estos datos se les llama análisis estático o de configuración. También se requiere de alguna aplicación que colecte las alarmas anunciadas al operador.²⁸ Estos, son datos dinámicos y a los análisis realizados con ellos se les denomina análisis dinámico. Los KPIs calculados son utilizados para hacer un benchmarking contra los valores recomendados para la industria a partir de distintos estudios realizados en otras plantas similares. A continuación, se presentan algunos ejemplos de los indicadores mencionados más arriba:

- **Alarmas por día**

Es el mejor indicador de la carga impuesta al operador por el sistema de alarmas. En la figura 2 se puede ver la distribución de las alarmas por día en un período de ocho semanas.

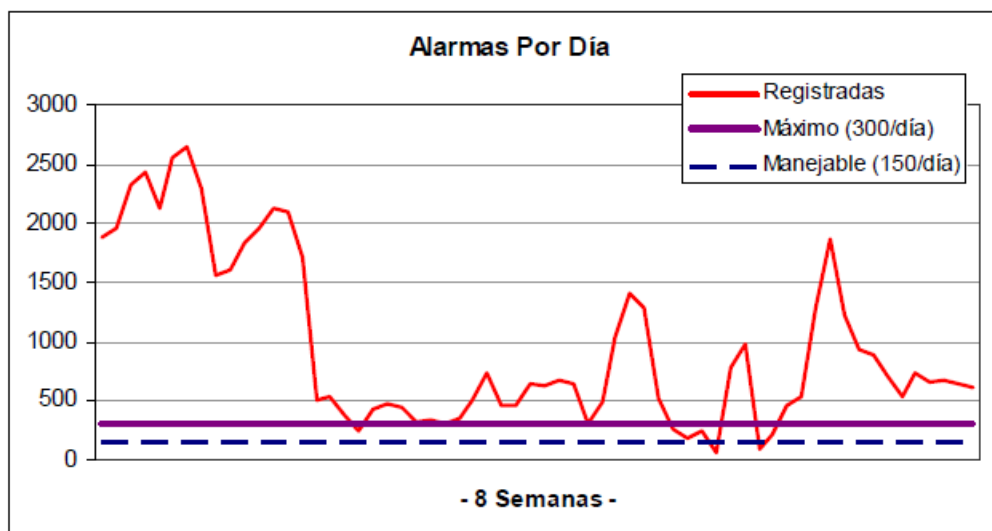


Figura 2 - Alarmas por día

²⁸ PAS, Inc. The Alarm Management Handbook – ISBN 0-9778969-0-0

- **Alarmas cada 10 minutos**

Este indicador presenta la carga máxima a la que se expone al operador. La inundación de alarmas empieza en más de 10 alarmas en 10' y la avalancha en 20 alarmas en 10'.

En la figura 3 se puede ver la distribución de alarmas cada 10' en un período de ocho semanas.

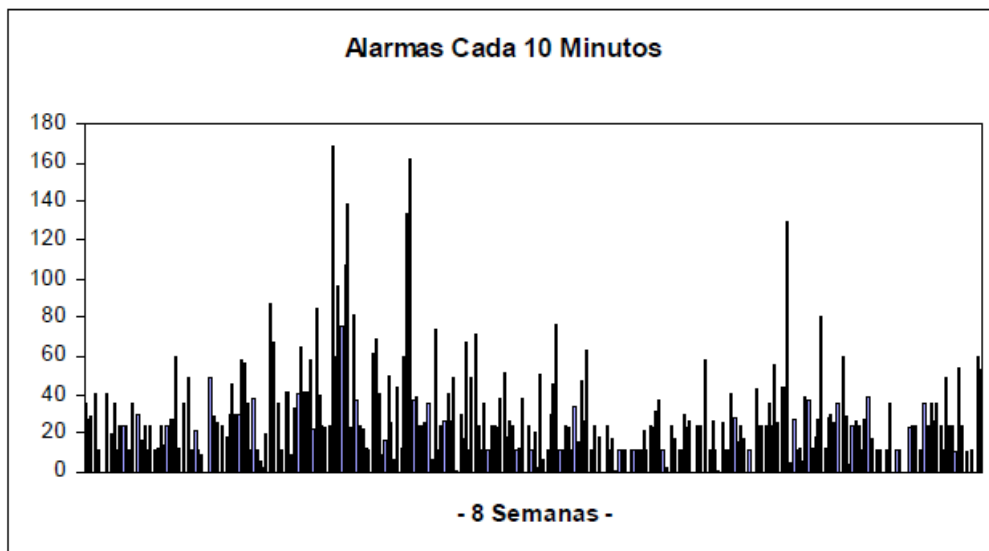


Figura 3 - Alarmas cada 10 minutos

- **Distribución de alarmas por prioridad**

La distribución de alarmas por prioridad debe hacerse con datos estáticos o de configuración utilizando la información de las alarmas instaladas y con datos dinámicos o alarmas anunciadas. Ambas distribuciones deberían presentar valores similares teniendo en cuenta lo recomendado por las mejores prácticas, aproximadamente 80% Baja, 15% Media y 5% Alta. En este indicador se excluyen las alarmas de mal función de instrumentos. En la figura 4 se puede ver una distribución de un sistema ejemplo donde puede verse como se asemejan la distribución de alarmas configuradas o instaladas con la distribución de las anunciadas siendo las dos inconsistentes con lo recomendado por las mejores prácticas.

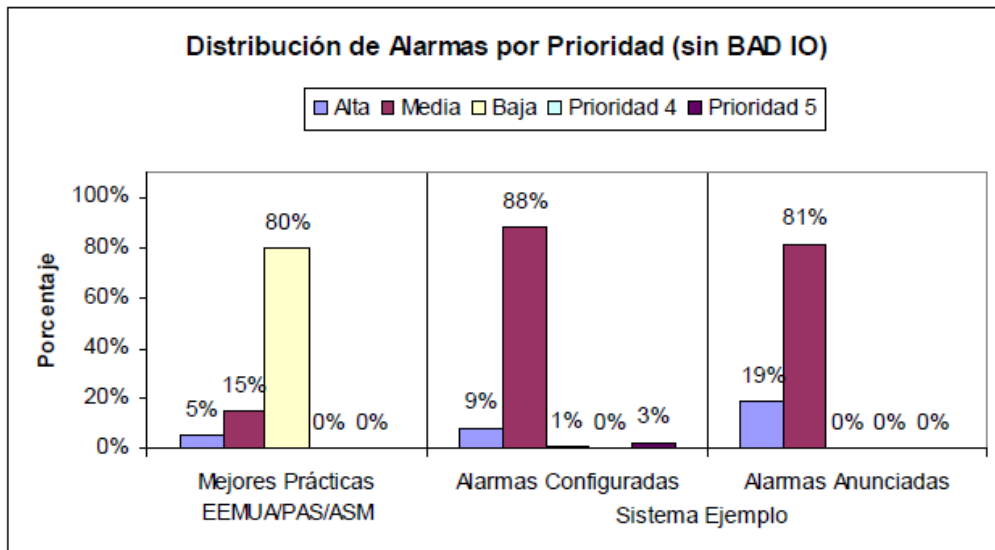


Figura 4 - Distribución de alarmas por prioridad

4.7 Resolución de “Malos Actores”

Los “malos actores” son alarmas que molestan. Si el sistema tiene muchos malos actores, éste se torna inútil. Las alarmas importantes o críticas se pierden en el mar de alarmas de los malos actores. En la figura 5 se puede ver la distribución de las alarmas más frecuentes en una semana de captura de datos. Estas 10 alarmas representan casi el 80% de la carga impuesta al operador por el sistema de alarmas.

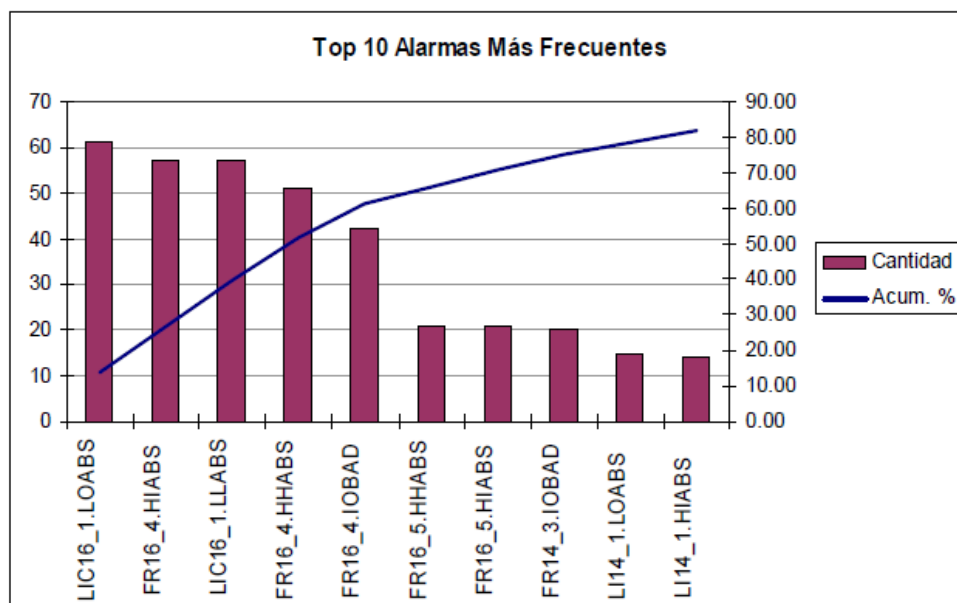


Figura 5 - Top 10 alarmas más frecuentes

En la figura 6 se puede ver una tendencia que muestra cual sería la distribución de alarmas por día en caso de resolver el problema de las 10 alarmas que más impactan en el sistema. Como puede verse, la distribución estaría dentro de los límites manejables en casi todo el período analizado (línea púrpura).

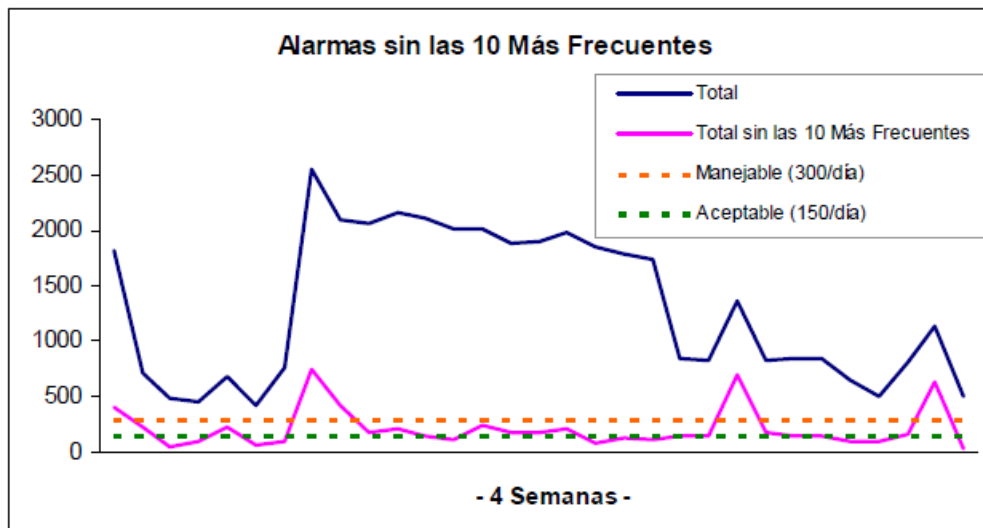


Figura 6 - Alarmas sin las 10 más frecuentes

4.8 Bases de datos. Conceptos

4.8.1 Stored Procedures

Un procedimiento almacenado (stored procedure en inglés) es un programa almacenado en una base de datos que ejecuta una acción o conjunto de acciones específicas.

Un procedimiento tiene un nombre, un conjunto de parámetros (opcional) y un bloque de código.

Ventajas de usar procedimientos almacenados:

Compilación: La primera vez que se invoca un SP, el motor lo compila y a partir de ahí, se sigue usando la versión compilada del mismo, hasta que se modifique. Esto significa que se tendrá un mejor rendimiento que las consultas directas que usan cadenas con las instrucciones, que se compilan cada vez que se invocan.

Automatización: si tenemos un conjunto de instrucciones SQL, las cuales queremos ejecutar de manera ordenada, un SP es la mejor manera de hacerlo.

Administración: cuando realizamos aplicaciones con un gran número de líneas de código, y queremos hacer cambios, solo implica modificar un SP y no toda la aplicación, lo que significa solo cambiamos los SP en el servidor y no tenemos que actualizar la aplicación en todos los equipos cliente.

Seguridad: una parte importante es que, a los usuarios de nuestra aplicación, solo les proporcionamos los permisos para ejecutar los procedimientos almacenados y no el acceso a todos los objetos de la base.²⁹

4.8.2 Trigger

Un trigger es un procedimiento que se ejecuta cuando se cumple una condición establecida al realizar una operación. Dependiendo de la base de datos, los triggers pueden ser de inserción (INSERT), actualización (UPDATE) o borrado (DELETE). Algunas bases de datos pueden ejecutar triggers al crear, borrar o editar usuarios, tablas, bases de datos u otros objetos.

Son usados para mejorar la administración de la base de datos, sin necesidad de contar con que el usuario ejecute la sentencia de SQL.

Además, previene errores de datos, sincroniza tablas, modifica valores de una vista, etc.

La estructura básica de un trigger es:

- Llamada de activación: es la sentencia que permite "disparar" el código a ejecutar.
- Restricción: es la condición necesaria para realizar el código. Esta restricción puede ser de tipo condicional o de tipo nulidad.
- Acción a ejecutar: es la secuencia de instrucciones a ejecutar una vez que se han cumplido las condiciones iniciales.

²⁹ docs.microsoft.com/en-us/sql/relational-databases/stored-procedures/stored-procedures-database-engine?view=sql-server-2017

4.8.3 Jobs

Un trabajo (job) o tarea de SQL Server, es un proceso que se ejecuta automáticamente en una programación establecida bajo control del Agente SQL Server. Mediante el uso del Agente SQL Server para programar, se puede determinar cuándo y en qué orden se realizarán las tareas administrativas.

Las tareas que se programan suelen ser tareas que requieren mucho tiempo y suelen programarse por la noche cuando la base de datos no está en uso o su uso es más bajo. Para crear una nueva tarea programada debemos ir al explorador de objetos del administrador de SQL Server y desplegar el agente de SQL Server, si desplegamos la carpeta trabajos podemos ver los trabajos que hay creados.

4.8.4 Rebuilding

SQL Server mantiene los índices automáticamente cada vez que se realizan operaciones de inserción, actualización o eliminación en los datos. Con el tiempo, estas modificaciones pueden hacer que la información del índice se disperse por la base de datos (se fragmente). La fragmentación ocurre cuando los índices tienen páginas en las que la ordenación lógica, basada en el valor de clave, no coincide con la ordenación física dentro del archivo de datos. Los índices muy fragmentados pueden reducir el rendimiento de la consulta y ralentizar la respuesta de la aplicación.

Se puede solucionar la fragmentación de los índices reorganizándolos o volviendo a generarlos. La reorganización del índice es un proceso donde SQL Server recorre el índice existente y lo limpia. Generar de nuevo el índice es un proceso pesado donde el índice es borrado y luego recreado desde cero con una estructura enteramente nueva, libre de los fragmentos amontonados y espacios en blanco.

Mientras la reorganización del índice es una operación pura de limpieza que deja el estado del sistema como está sin bloquear tablas y vistas afectadas, el proceso de generar de nuevo el índice bloquea la tabla afectada por todo el periodo de generación

lo cual puede resultar en tiempos largos de desconexión que no son aceptables en algunos ambientes.³⁰

4.8.5 Shrinking

Es posible reducir cada archivo de una base de datos con el fin de eliminar las páginas que no se utilizan. Aunque el motor de base de datos aprovechará el espacio de manera efectiva, existen ocasiones en las que un archivo no tiene por qué ser tan grande como lo era anteriormente. En estos casos, la reducción del archivo puede ser necesaria. Pueden reducirse los archivos de datos y los archivos de registro de transacciones. Los archivos de la base de datos se pueden reducir manualmente, en grupo o de uno en uno; también se puede configurar la base de datos para que se reduzca automáticamente a intervalos determinados.

Se puede reducir manualmente una base de datos o los archivos de la base de datos mediante la instrucción `SHRINKDATABASE` o la instrucción `SHRINKFILE`. Si una instrucción `SHRINKDATABASE` o `SHRINKFILE` no puede recuperar todo el espacio especificado de un archivo de registro, la instrucción emitirá un mensaje informativo indicando la acción que debe llevar a cabo para liberar más espacio.

Al utilizar la instrucción `SHRINKDATABASE`, no es posible reducir toda una base de datos inferior a su tamaño original. Por lo tanto, si se creó una base de datos con un tamaño de 10 MB y ha crecido hasta llegar a 100 MB, sólo se podrá reducir hasta un tamaño de 10 MB, aunque todos los datos de la base de datos se hayan eliminado.³¹

³⁰ docs.microsoft.com/en-us/sql/relational-databases/indexes/reorganize-and-rebuild-indexes?view=sql-server-2017

³¹ docs.microsoft.com/en-us/sql/t-sql/database-console-commands/dbcc-shrinkfile-transact-sql?view=sql-server-2017



CAPÍTULO 5

Desarrollo de Herramientas

5 Desarrollo de Herramientas

Teniendo como objetivo desarrollar un sistema para coleccionar, almacenar y realizar cálculos estadísticos con las alarmas de los sistemas de control del CIE, en este capítulo se describen las herramientas implementadas, partiendo de los estándares propios de la empresa, con el propósito de obtener un sistema más eficiente para dicha empresa.

5.1 Colector de Alarmas

En el CIE existen cinco complejos/plantas con Sistemas de Control Foxboro de la Serie IA (Intelligent Automation):

- Complejo Aromáticos
- Planta de Aprovechamiento de Olefinas (PAO)
- Servicios Auxiliares
- Complejo Lineal Alquil Benceno (LAB)
- Planta de Lineal Alquil Benceno Sulfonado (LAS)

En cada planta hay un jefe, coordinadores y operadores de consola - o también llamados tableristas -. Estos últimos son los encargados de monitorear y operar los procesos de la planta.

Estos Sistemas de Control están formados por tarjetas electrónicas que adquieren las señales de las variables del proceso (presión, temperatura, caudal, etc.) y luego de procesarlas quedan disponibles para que sean leídas por los procesadores de control (CP, Control Processor), quienes ejecutan los algoritmos encargados de mantener la planta en el rango de operación deseado. El vínculo entre las tarjetas adquisidoras y los procesadores de control es el bus de campo. El operador de consola puede interactuar con el sistema de control a través de las estaciones de operaciones. Estos equipos son ordenadores que corren el software responsable de la visualización de los datos, y el vínculo entre ellos y los procesadores de control es el bus de nodo o red de control. Con esta aplicación se pueden monitorear y controlar todos los procesos. Las alarmas que se generan pueden ser visualizadas a través de esta interfaz y también pueden ser enviadas a dispositivos tales como impresoras o sistemas recolectores de alarmas y eventos.

En la figura 7 se puede ver lo expresado en el párrafo anterior donde se tiene la arquitectura típica de un sistema de control y su conexión a una red ofimática en donde está el servidor de alarmas para que las PCs clientes puedan realizar las consultas requeridas. Los mensajes de alarmas se generan en los controladores de proceso y de ahí se presentan en los dispositivos destino que están configurados para presentar dichos mensajes. En la figura, se incluye un ejemplo donde la alarma se genera en el controlador 2 y el mensaje de dicha alarma se almacena en el servidor histórico y se presenta en la estación de operación 1. Luego, en caso de disponer de un colector de alarmas que obtenga los mensajes de un histórico de alarmas, este mensaje es colectado por el servidor y almacenado en la base de datos para que luego la PC cliente 2 realice la consulta para calcular el indicador deseado.

Si en lugar de disponer de un colector que obtenga las alarmas de un servidor histórico de alarmas, lo obtiene a través de un dispositivo colector de alarmas instalado en un servidor de aplicaciones, el circuito es igual salvo que el mensaje, en vez de viajar desde el servidor histórico, lo hace desde el servidor de aplicaciones donde está instalado el colector.

5.1.1 Tipos de eventos

Los eventos generados en los sistemas de control pueden clasificarse en mensajes o alarmas. La diferencia entre estos eventos es que las alarmas requieren una acción por parte del operador mientras que los eventos son meramente informativos no requiriendo ninguna acción por parte del tablerista.

Para calcular los indicadores de performance requeridos fue necesario identificar los distintos tipos de eventos generados.

Sistema de gestión de alarmas en sistemas de control de proceso industrial

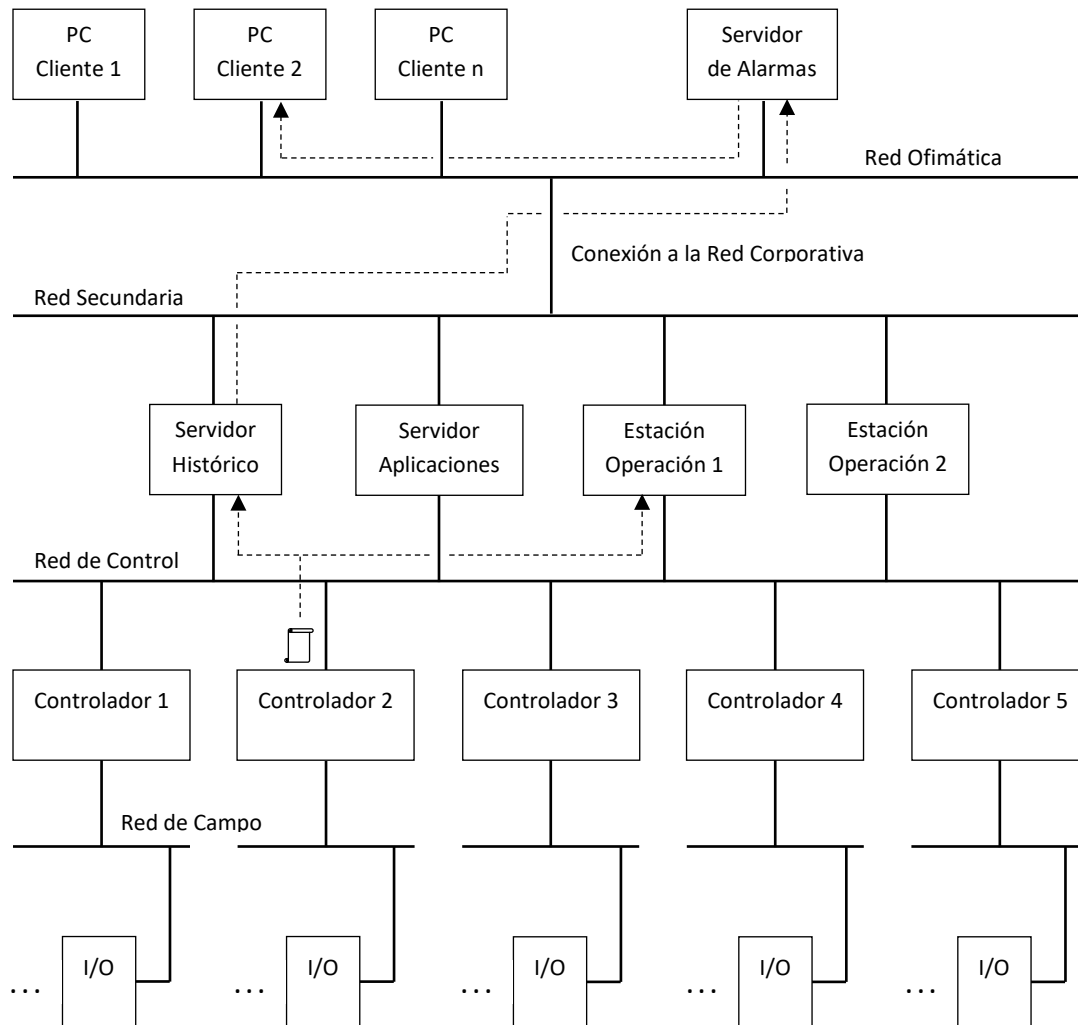


Figura 7 - Arquitectura sistema de control y conexión a red ofimática

Se identificaron once tipos de eventos, de los cuales cuatro son alarmas:

- Alarmas de proceso nuevas
- Alarmas de estado nuevas
- Alarmas de mala indicación de instrumento (IO Bad)
- Alarmas de mala medición de lazo de control (Bad Measurement)
- Mensajes de alarmas reconocidas
- Mensajes de alarmas de proceso normalizadas
- Mensajes de alarmas de estado normalizadas
- Mensajes de alarmas de IO Bad normalizadas

**Sistema de gestión de alarmas
en sistemas de control de proceso industrial**

- Mensajes de alarmas habilitadas
- Mensajes de alarmas inhabilitadas
- Mensajes de cambios de estado

En la tabla 5 se describen los distintos tipos de eventos.

<i>Tipo de evento (desde el punto de vista del sistema)</i>	<i>Descripción</i>
Alarmas de proceso nuevas	Alarmas que se activan cuando una señal sobrepasa un límite (sea inferior o superior)
Alarmas de estado nuevas	Alarmas que se activan cada vez que una señal discreta (0 o 1) cambia su estado
Alarmas de mala indicación de instrumento (IO Bad)	Alarmas que se activan cuando se presenta una mal función de un instrumento
Alarmas de mala medición de lazo de control (Bad Measurement)	Ídem anterior
Mensajes de alarmas reconocidas	Mensaje generado al reconocer una alarma
Mensajes de alarmas de proceso normalizadas	Mensaje generado cuando desaparece la condición de alarma (estado de no alarma)
Mensajes de alarmas de estado normalizadas	Ídem anterior para las alarmas de estado
Mensajes de alarmas de IO Bad normalizadas	Ídem anterior para las alarmas de mal función de instrumentos
Mensajes de alarmas habilitadas	Mensaje que indica que una alarma dejó de estar inhibida
Mensajes de alarmas inhabilitadas	Mensaje que indica que una alarma se inhibió (no genera mensajes de alarma)
Mensajes de cambios de estado	Mensaje que indica que una señal discreta cambió su estado

Tabla 5 - Tipos de eventos

Los eventos se anuncian en las consolas de los operadores o tableristas. La consola es el puesto de trabajo desde donde opera el operador de consola. Por ejemplo, una planta podría tener tres consolas, cada una monitoreada por un operador diferente.

En el caso que una planta tenga más de una consola, el cálculo de indicadores de performance se debe realizar por consola, dado que lo requerido es identificar la cantidad de alarmas que está manejando un operador.

Sistema de gestión de alarmas en sistemas de control de proceso industrial

En la figura 8 se pueden observar los diferentes tipos de eventos y la relación planta-consolas:

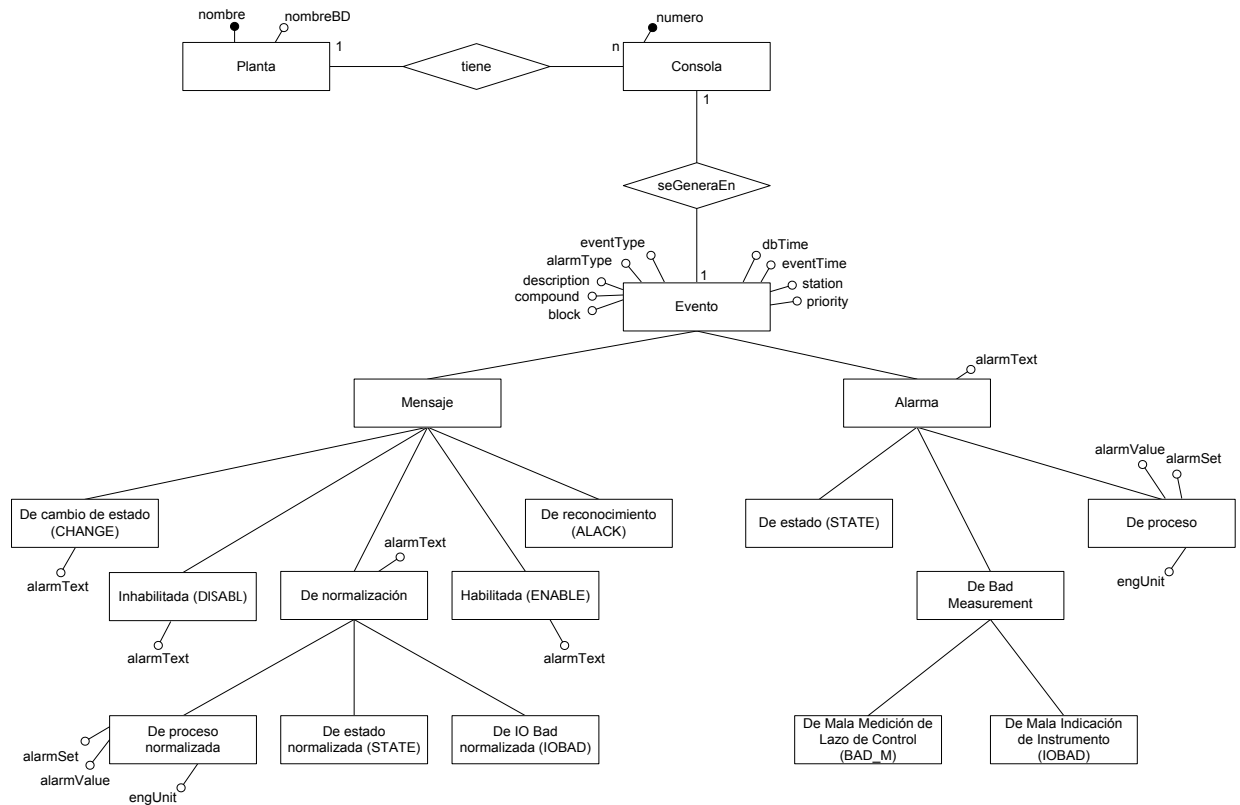


Figura 8 - Diagrama de clases

5.1.2 Colector para Sistemas de Control bajo Unix

Actualmente en el CIE cuentan con un sistema recolector de eventos llamado Message Manager que es compatible únicamente con los sistemas de control que corren bajo Unix.

Este sistema interacciona con los sistemas de control almacenando los eventos generados en cada planta en bases de datos relacionales. En la figura 9 se presenta la arquitectura del sistema.

Sistema de gestión de alarmas en sistemas de control de proceso industrial

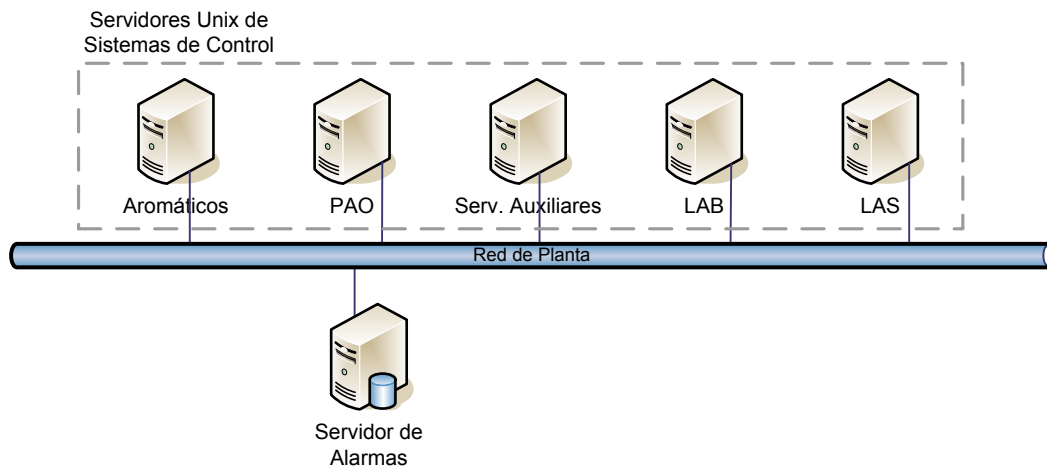


Figura 9 - Arquitectura del sistema

La información de cada planta es almacenada en una base de datos diferente de acuerdo con la tabla 6.

Planta	Base de datos
Aromáticos	MsgMgr1
PAO	MsgMgr2
Servicios Auxiliares	MsgMgr3
LAB	MsgMgr4
LAS	MsgMgr5

Tabla 6 - Bases de datos Message Manager

Por cada evento generado en los sistemas de control de cada planta, este software almacena en la tabla processalm de la base de datos correspondiente los siguientes datos:

- DbTime: fecha y hora de la generación del evento.
- Priority: prioridad del evento.
- Type: tipo de mensaje
- AlmTime: fecha y hora de la generación del evento en los sistemas de control.
- Station: procesador de control que generó el mensaje de alarma.
- Address: contiene información del compuesto y bloque del evento.
- Line1: contiene información del tipo de alarma y la descripción.

- Line2: contiene información del tipo de evento, valor de la alarma, seteo de la alarma, unidad de medida, y texto de la alarma.

A partir de estos datos se comenzó con el análisis de las herramientas requeridas a desarrollar.

5.1.2.1 Implementación para colector bajo Unix

Se creó una base de datos llamada AlarmMgr, con una tabla amPlant para guardar la información de cada planta: nombre, nombre de la base de datos en la cual el colector almacena los eventos de dicha planta, cantidad de consolas:

amPlant (#name, dbName, console)

Planta	Base de datos	# Consolas
Aromáticos	MsgMgr1	3
PAO	MsgMgr2	3
Servicios Auxiliares	MsgMgr3	1
LAB	MsgMgr4	1
LAS	MsgMgr5	1

Tabla 7 - Base de datos AlarmMgr, tabla amPlant

Se descartó incluir esta información en el archivo de inicialización del software Administrador de Alarmas dado que también es requerida por la planilla de cálculo descrita en el capítulo 5.3.

En la base de datos de cada planta se creó una tabla amTag para almacenar la información de la consola donde se genera cada evento o tag (compuesto-bloque), dado que no se cuenta con dicha información en la tabla processalm y es necesaria para el cálculo de indicadores:

amTag (#address, #console)

El campo address identifica al evento o tag y está formado por el compuesto más el bloque separados por el símbolo ":".

Ejemplo:

<i>Tag</i>	<i>Consola</i>
ALARM2040_1:FEV21033EM	1
AL2040GRF:TKSALIMA	1
DESPROPAN_C:FIC21041	3
FRMTBEYR3_C1:FALL_HH21052	2
FRMTBEYR3_C1:FIC21052	3

Tabla 8 - Base de datos MsgMgr1, tabla amTag

La tabla amTag se deberá mantener actualizada en el servidor de alarmas cada vez que se configure una nueva alarma en los sistemas de control o se modifique una existente, para realizar el cálculo de los indicadores por consola tal cual es requerido.

Para evitar realizar el parseo de los datos por cada consulta a realizar desde las herramientas a desarrollar, y para mejorar la performance del sistema, se decidió implementar un trigger en la tabla processalm que parsea los datos y los almacena en una nueva tabla amEvent.

Para reconocer los distintos tipos de eventos se consideraron las validaciones descritas en el Anexo I.

processalm (DbTime, Priority, Type, AlmTime, Station, Address, Line1, Line2)

La tabla amEvent se creó en la base de datos de cada planta con los siguientes campos:

amEvent (DbTime, EventTime, Priority, Station, EventType, AlarmType, Description, Compound, Block, AlarmValue, AlarmSet, EngUnit, AlarmText, Console)

En el trigger además de identificar a los diferentes tipos de eventos, se accede a la tabla amTag para recuperar la información de la consola donde se generó el evento.

Sistema de gestión de alarmas en sistemas de control de proceso industrial

En la figura 10 se puede ver como es el flujo de datos, partiendo de la generación de los eventos en el sistema de control de cada planta, luego son insertados por el software Message Manager en cada base de datos y por último se aplica la lógica desarrollada en el trigger para identificar cada tipo de evento.

1. Datos generados en el sistema de control

2015-04-13 17:54:49.000,2,2,2015-04-13 17:52:42.000,LASCP0,SEC14_01:AIC14_1,SEC14_01:AIC14_1 PH RECICLO EN SCRUBBER LOABS,04-13 17:52:42 7.95 PH (8.00) BAJO PH ALARM
2015-04-13 17:53:21.000,1,28,2015-04-13 17:51:15.000,LASCP0,SEC16_01:YM16K2,SEC16_01:YM16K2 ESTADO VENTILADOR 16K2 CHANGE,04-13 17:51:15 ALARM PARADO Pnt00
2015-04-13 17:52:51.000,1,28,2015-04-13 17:50:45.000,LASCP0,SEC16_01:YM16K1,SEC16_01:YM16K1 ESTADO VENTILADOR 16K1 CHANGE,04-13 17:50:45 ALARM PARADO Pnt00
2015-04-13 17:46:11.000,2,1,2015-04-13 17:44:04.000,LASCP0,SEC16_01:LI16_2,SEC16_01:LI16_2 NIVEL 16V6 HIABS,04-13 17:44:04 90.01 % (90.00) ALTO NIVEL ALARM
2015-04-13 17:42:43.000,1,28,2015-04-13 17:40:37.000,LASCP0,SEC16_01:YM16K1,SEC16_01:YM16K1 ESTADO VENTILADOR 16K1 CHANGE,04-13 17:40:37 ALARM MARCHA Pnt00

2. El software Message Manager inserta los datos generados en cada sistema de control en una base de datos diferente.

Tabla processalm

Id	DbTime	Priority	Type	AlarmTime	Station	Address	Line1	Line2
1	2015-04-13 17:54:49...	2	2	2015-04-13 17:52:42...	LASCP0	SEC14_01:AIC14_1	SEC14_01:AIC14_1 PH RECICLO EN SCRUBBER LOABS	04-13 17:52:42 7.95 PH (8.00) BAJO PH ALARM
2	2015-04-13 17:53:21...	1	28	2015-04-13 17:51:15...	LASCP0	SEC16_01:YM16K2	SEC16_01:YM16K2 ESTADO VENTILADOR 16K2 CHANGE	04-13 17:51:15 ALARM PARADO Pnt00
3	2015-04-13 17:52:51...	1	28	2015-04-13 17:50:45...	LASCP0	SEC16_01:YM16K1	SEC16_01:YM16K1 ESTADO VENTILADOR 16K1 CHANGE	04-13 17:50:45 ALARM PARADO Pnt00
4	2015-04-13 17:46:11...	2	1	2015-04-13 17:44:04...	LASCP0	SEC16_01:LI16_2	SEC16_01:LI16_2 NIVEL 16V6 HIABS	04-13 17:44:04 90.01 % (90.00) ALTO NIVEL ALARM
5	2015-04-13 17:42:43...	1	28	2015-04-13 17:40:37...	LASCP0	SEC16_01:YM16K1	SEC16_01:YM16K1 ESTADO VENTILADOR 16K1 CHANGE	04-13 17:40:37 ALARM MARCHA Pnt00

3. El trigger parse_processalm creado en la tabla processalm, parsea los datos y los inserta en la tabla amEvent.

Tabla amEvent

Id	Lib time	EventTime	Station	Compound	Block	Description	Priority	Event Type	Alarm Type	AlarmValue	AlarmSet	EngUnit	AlarmText	Console
1	2015-04-13 17:54:49.000	2015-04-13 17:52:42.000	LASCP0	SEC14_01	AIC14_1	PH RECICLO EN SCRUBBER	2	ALARM	LOABS	7.95	8.00	PH	BAJO PH	
2	2015-04-13 17:53:21.000	2015-04-13 17:51:15.000	LASCP0	SEC16_01	YM16K2	ESTADO VENTILADOR 16K2	1	CHANGE	CHANGE					
3	2015-04-13 17:52:51.000	2015-04-13 17:50:45.000	LASCP0	SEC16_01	YM16K1	ESTADO VENTILADOR 16K1	1	CHANGE	CHANGE					
4	2015-04-13 17:46:11.000	2015-04-13 17:44:04.000	LASCP0	SEC16_01	LI16_2	NIVEL 16V6	2	ALARM	HIABS	90.01	90.00	%	ALTO NIVEL	
5	2015-04-13 17:42:43.000	2015-04-13 17:40:37.000	LASCP0	SEC16_01	YM16K1	ESTADO VENTILADOR 16K1	1	CHANGE	CHANGE					

Figura 10 - Flujo colector para sistemas bajo Unix

5.1.3 Colector para Sistemas de Control bajo Windows

En el transcurso del proyecto, uno de los sistemas de control fue actualizado de versión. Esta nueva versión corre bajo Windows y por lo tanto no se puede continuar utilizando el colector Message Manager compatible únicamente con los sistemas de control que corren bajo Unix.

Por lo tanto, YPF solicitó un cambio de alcance para diseñar un colector de alarmas que pudiera ser utilizado en reemplazo del colector Message Manager en los sistemas de control que funcionen bajo Windows.

En conjunto con los técnicos de YPF diseñamos la exportación de los mensajes de los sistemas de control en archivos de textos a través de un programa que obtiene las alarmas de un servidor histórico de alarmas. Los datos exportados en estos archivos planos se presentan en campos separados por punto y coma, tal cual se puede ver en la figura 11.

```
2015-07-27 12:47:17;SEC12_01:PAH12_2.ALARMA;CHANGE;CIRCUITO DE PRECALIENTO;;ALARM;1;;0.00703125;0;;hist01;APAGADO
2015-07-27 12:47:17;SEC12_01:PAH12_2.ALARMA;STATE;CIRCUITO DE PRECALIENTO;;RETURN;2;;0.00703125;0;;hist01;APAGADO
2015-07-27 12:47:18;SEC12_01:PAH12_2.ALARMA;CHANGE;CIRCUITO DE PRECALIENTO;;ALARM;1;;0.00703125;0;;hist01;ENCENDIDO
2015-07-27 12:47:18;SEC12_01:PAH12_2.ALARMA;STATE;CIRCUITO DE PRECALIENTO;;ALARM;2;;0.00703125;0;;hist01;ENCENDIDO
2015-07-27 12:50:54;SEC05_01:05P1FAULT.ALARMA;CHANGE;BOMBA 05P1 FALLADA;;ALARM;1;;0.00703125;0;;hist01;ENCENDIDO
2015-07-27 12:50:54;SEC05_01:05P1FAULT.ALARMA;STATE;BOMBA 05P1 FALLADA;;ALARM;2;;0.00703125;0;;hist01;ENCENDIDO
2015-07-27 12:50:54;SEC11_01:KI11_2FAULT.ALARMA;CHANGE;KI11.2 FALLADO;;ALARM;1;;0.00703125;0;;hist01;ENCENDIDO
2015-07-27 12:50:54;SEC11_01:KI11_2FAULT.ALARMA;STATE;KI11.2 FALLADO;;ALARM;2;;0.00703125;0;;hist01;ENCENDIDO
2015-07-27 12:50:54;SEC12_01:KI12_1FAULT.ALARMA;CHANGE;K12.1 FALLADO;;ALARM;1;;0.00703125;0;;hist01;ENCENDIDO
2015-07-27 12:50:54;SEC12_01:KI12_1FAULT.ALARMA;STATE;K12.1 FALLADO;;ALARM;2;;0.00703125;0;;hist01;ENCENDIDO
2015-07-27 12:50:54;SEC39_01:39P2FAULT.ALARMA;CHANGE;BOMBA 39P2 FALLADA;;ALARM;1;;0.00703125;0;;hist01;ENCENDIDO
```

Figura 11 - Mensajes obtenidos del sistema de control

El contenido del archivo es similar a los datos utilizados en el colector para sistemas que corren bajo unix. En este caso no fue necesario realizar el parseo, dado que los campos ya están identificados.

Los archivos son transferidos por FTP desde la red del sistema de control hacia la red corporativa donde está el servidor de alarmas. En dicho servidor se generó una estructura de carpetas para alojar e identificar a los archivos de cada planta. De ahí los archivos son procesados ejecutando un procedimiento planificado en la base de datos para que se ejecute cada cierto tiempo con el fin de insertar los mensajes de alarmas en la base de datos disponible en dicho servidor.

5.1.3.1 Implementación para colector bajo Windows

Se creó una única base de datos llamada AlarmManager para almacenar los datos de todas las plantas.

Se diseñaron dos stored procedures principales:

- **sp_loadDataFromTextFiles**

Este procedimiento carga en la base de datos todos los archivos que encuentra en la estructura de carpetas configuradas y agrega información para identificar a que estación corresponde cada archivo.

Se utilizan las siguientes tablas:

amPlant (#id, Plant, Console)

amPlantPath (#id_plant, #path_input_file, path_output_file)

En estas tablas se guarda información de las estaciones y se especifica la estructura de carpetas desde la cual se tomarán los archivos a ser procesados y a donde se moverán luego de ser procesados.

Cada planta puede tener asociada más de una carpeta, dado que los datos se obtienen por cada estación de la planta.

amFile (#id, id_plant, name, status)

amFileDescription (#id_file, #row, eventTime, compound_block, alarmType, description, alarmText1, eventType, priority, alarmValue, alarmSet, engUnit, historian, alarmText2)

En estas tablas se guardan los datos de los archivos y se agrega información para identificar de que estación provienen y si el archivo ya fue procesado o no.

- **sp_insertDataFromTextFiles**

Con este procedimiento recorreremos las filas de los archivos y guardamos los datos en la tabla de eventos. Si ocurre un error al guardar, los datos se almacenan en una tabla de errores para luego poder analizar el error y reprocesar los datos.

Se utilizan las siguientes tablas:

amEvent (idPlant, EventTime, Compound, Block, Description, Priority, EventType, AlarmType, AlarmValue, AlarmSet, EngUnit, AlarmText, historian, Console)

amFileError (id_file, id_row, error)

La tabla de eventos tiene la misma estructura que la utilizada con el colector para sistemas unix, sólo se le agregó un campo para identificar a cada planta.

Se respetó la misma estructura para poder convivir con los dos colectores hasta que todos los sistemas de control sean migrados a sistemas Windows o hasta que los técnicos de YPF implementen la extracción de los eventos de la misma forma en las estaciones que corren bajo unix.

La tabla de errores se utiliza para identificar si alguna fila de un archivo no se pudo guardar, indicando el motivo del error.

Se respetó la estructura de la tabla de tags para almacenar la información de la consola donde se genera cada evento o tag (compuesto-bloque), dado que no se cuenta con dicha información en los datos a importar:

amTag (#address, #console)

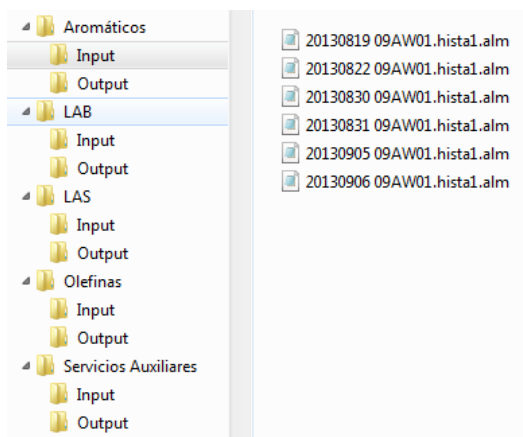
En la figura 12 se puede ver como es el flujo de datos, partiendo de la generación de los eventos en el sistema de control de cada planta, luego son transferidos por FTP a través de archivos planos hacia la red corporativa. Luego los archivos son procesados ejecutando un procedimiento planificado en la base de datos para que corra cada cierto tiempo con el fin de insertar los mensajes de alarmas en la base de datos disponible en dicho servidor.

Sistema de gestión de alarmas en sistemas de control de proceso industrial

1. Datos generados en el sistema de control

2017-08-01 10:09:04.000;SEC39_01;F139_1;RECICLO ACIDO SULFONICO;2;ALARM;LOABS;NULL;-100;0;BAJO CAUDAL;KG/H
2017-08-01 10:09:04.000;SEC39_01;F139_1;RECICLO ACIDO SULFONICO;2;ALARM;LOABS;NULL;-100;0;BAJO CAUDAL;KG/H
2017-08-01 09:41:28.000;SEC16_01;TDI16_1;DELTA T AGUA PRIMER CAMISA;1;ALARM;HIABS;NULL;200.391;2;ALTA TEMP.;C
2017-08-01 09:41:28.000;SEC16_01;TDI16_1;DELTA T AGUA PRIMER CAMISA;1;ALARM;HIABS;NULL;200.391;2;ALTA TEMP.;C
2017-08-01 08:24:46.000;SEC06_01;TI06_9;TEMPERATURA 06V2C;2;RETURN;LOABS;NULL;100.195;0;BAJA;C

2. Los datos son transferidos por FTP, en formato de archivos planos, desde la red de los sistemas de control hacia la red corporativa donde está el servidor de alarmas.



3. A través de los stored procedures `sp_loadDataFromTextFiles` y `sp_insertDataFromTextFiles` se importan los archivos de cada planta en la base `AlarmManager`.

Tabla `amEvent`

	idPlant	Event Time	Compound	Block	Description	Priority	Event Type	Alarm Type	AlarmValue	AlarmSet	EngUnit	AlarmText	historian	Console
1	2	2017-08-01 10:09:04.000	SEC39_01	F139_1	RECICLO ACIDO SULFONICO	2	ALARM	LOABS	NULL	-100	0	BAJO CAUDAL	KG/H	NULL
2	2	2017-08-01 10:09:04.000	SEC39_01	F139_1	RECICLO ACIDO SULFONICO	2	ALARM	LOABS	NULL	-100	0	BAJO CAUDAL	KG/H	NULL
3	2	2017-08-01 09:41:28.000	SEC16_01	TDI16_1	DELTA T AGUA PRIMER CAMISA	1	ALARM	HIABS	NULL	2.00391	2	ALTA TEMP.	C	NULL
4	2	2017-08-01 09:41:28.000	SEC16_01	TDI16_1	DELTA T AGUA PRIMER CAMISA	1	ALARM	HIABS	NULL	2.00391	2	ALTA TEMP.	C	NULL
5	2	2017-08-01 08:24:46.000	SEC06_01	TI06_9	TEMPERATURA 06V2C	2	RETURN	LOABS	NULL	1.00195	0	BAJA	C	NULL

Figura 12 - Flujo colector para sistemas bajo Windows

5.1.4 Instalación de la base de datos

Un requerimiento del usuario fue poder realizar la instalación de las herramientas desarrolladas, pero incluyendo la creación de las bases de datos.

Para realizar estas tareas se crearon scripts con el código necesario para crear las bases de datos, tablas, stored procedures y triggers utilizados y luego se creó un archivo bat, que al ejecutarlo hace referencia a los scripts mencionados para crear las bases de datos.

5.1.5 Mantenimiento

Las bases de datos pueden llegar a incrementarse en un gran tamaño con la colección y almacenamiento de la información de los eventos. Esta información se encuentra principalmente en las siguientes tablas:

- processalm
- amEvent

Estas tablas pueden ser mantenidas usando dos procesos de Microsoft SQL Server:

- Rebuilding
- Shrinking

Se crearon jobs con Microsoft SQL Server para ejecutar periódicamente estas tareas para mantener la base de datos con un tamaño eficiente y manejable.

Se recomienda ejecutar estos procesos una vez al mes.

Además, se creó un job para mantener en cada base de datos la información de 18 meses hacia atrás.

5.2 Desarrollo del software “Gestor de Alarmas”

Las herramientas utilizadas en esta tesina son productos homologados en la empresa.

Esta herramienta se desarrolló para realizar el análisis dinámico de los sistemas de alarmas con el objetivo de asegurar la efectividad de los mismos.

5.2.1 Principales Funcionalidades

Se desarrollaron las siguientes funcionalidades:

- ✓ Alta de plantas, indicando cantidad de consolas y ubicación desde la cual se toman los datos a procesar provenientes de los sistemas de control.
- ✓ Baja y modificación de plantas.
- ✓ Selección de la planta a analizar.
- ✓ Cálculo de los principales indicadores de performance de un sistema de alarmas.
- ✓ Visualización de secuencia de eventos.

- ✓ Búsqueda de eventos.
- ✓ Actualización de datos correspondiente a la consola donde se genera cada evento.
- ✓ Exportación de reportes.
- ✓ Control de acceso a usuarios.

A continuación, se describen las principales funcionalidades.

- **Selección de la planta a analizar**

Dado que los cálculos de los indicadores de performance de un sistema de alarmas se deben realizar por planta-consola, una de las primeras acciones a realizar al ingresar al sistema, es seleccionar la planta que se desee analizar, como se muestra en la figura 13.

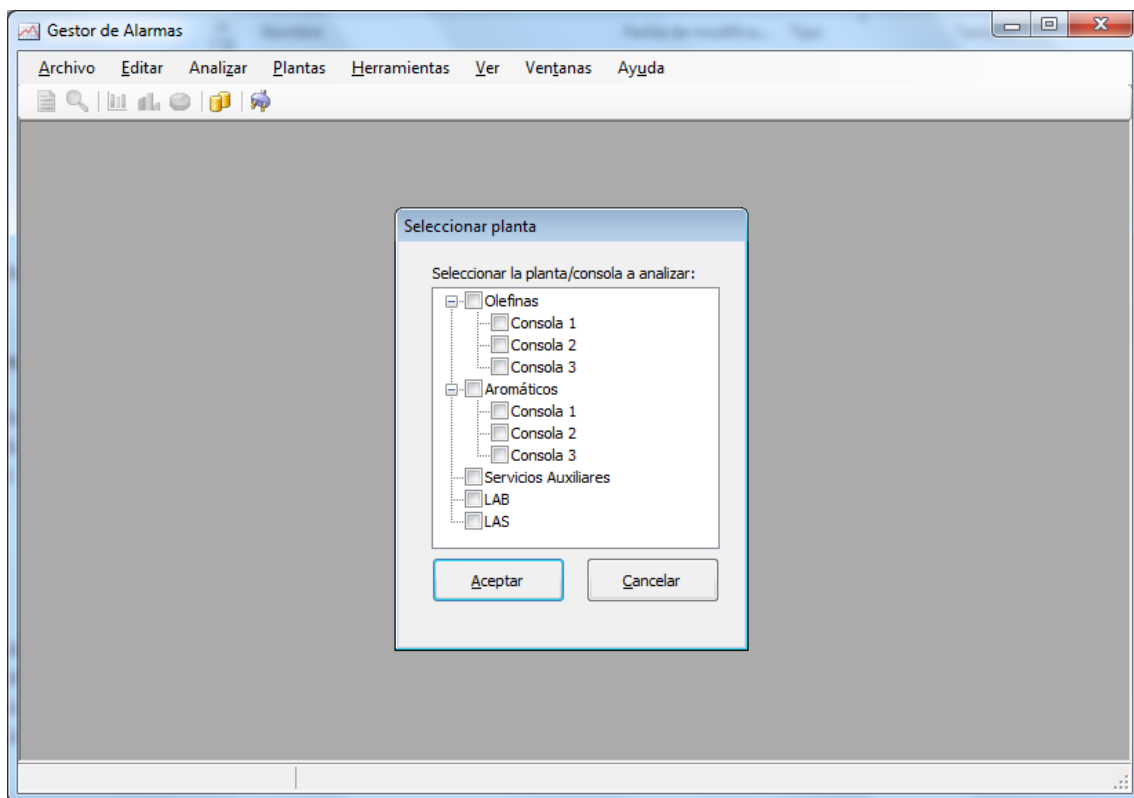


Figura 13 - Gestor de alarmas, Selección de planta a analizar

- **Cálculo de los principales indicadores de performance de un sistema de alarmas:**

Alarmas por período

Esta consulta devuelve la cantidad de alarmas encontradas por día, por hora o cada 10 minutos en el período especificado.

Esta consulta es importante porque se han hecho distintos estudios ergonómicos que recomiendan que un operador puede manejar efectivamente hasta 1 alarma cada 10' o 6 alarmas por hora.

Por lo tanto, este indicador permite conocer la carga diaria de alarmas que recibe un operador de consola de su sistema de alarmas. La figura 14 presenta la consulta de alarmas en intervalos de 10'.

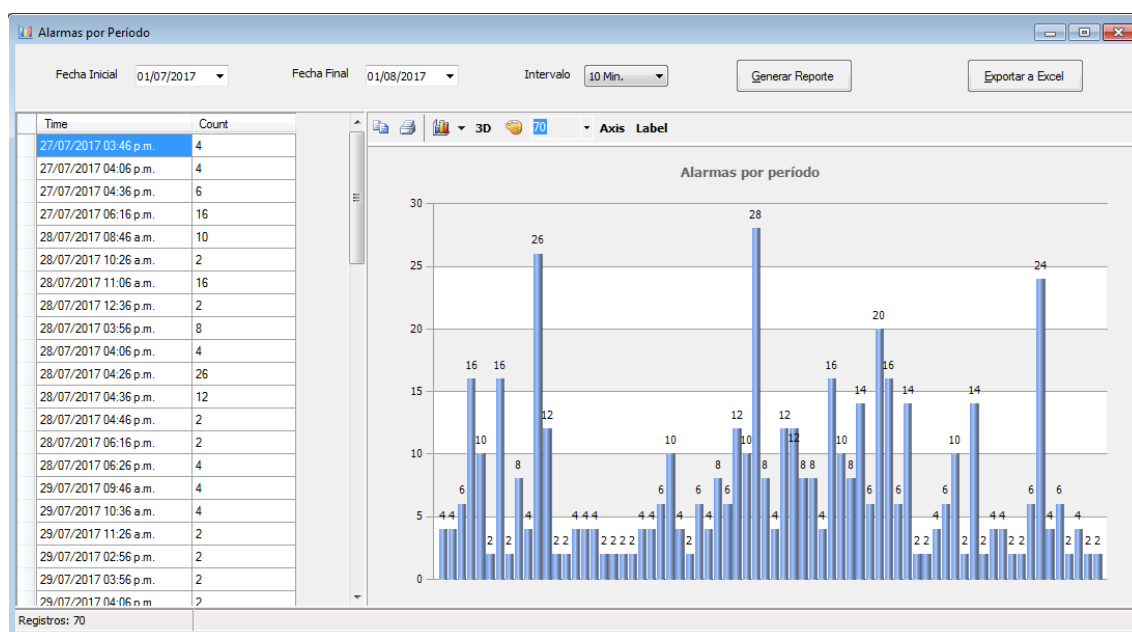


Figura 14 - Gestor de alarmas, Alarmas por período

Alarmas más frecuentes

Esta consulta devuelve la cantidad de alarmas encontradas para la combinación tag-tipo de alarma en el período especificado. El tag es el nombre del bloque en el DCS (Distributed Control System – Sistema de Control Distribuido).

Sistema de gestión de alarmas en sistemas de control de proceso industrial

Nota: un bloque del DCS puede tener varios tipos de alarmas asociados. Por ejemplo, un bloque que representa un punto de indicación analógico puede tener configurado la posibilidad de alarmar por alta o baja indicación. Es decir que se tendrían dos alarmas distintas para el mismo tag. Por tal motivo, las estadísticas deben tratar con la combinación tag-tipo de alarma para diferenciar cada caso según corresponda.

Este reporte permite identificar cuáles son las alarmas que se activan con mayor frecuencia y, por lo tanto, serán las elegidas con prioridad en el proceso de racionalización de alarmas.

Algunas de ellas, luego de los análisis correspondientes, podrían derivar en lo que llamamos malos actores para el sistema de alarmas. Los malos actores son las alarmas que se activan una gran cantidad de veces en un período pequeño de tiempo. La figura 15 presenta la consulta de alarmas más frecuentes.

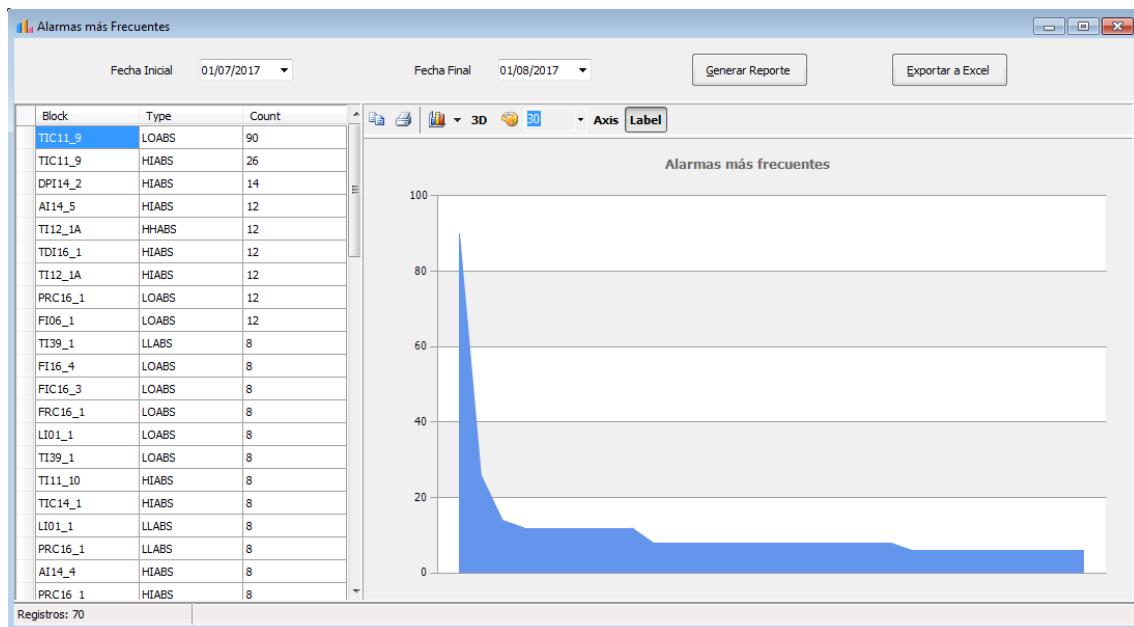


Figura 15 - Gestor de alarmas, Alarmas más frecuentes

Alarmas Permanentes

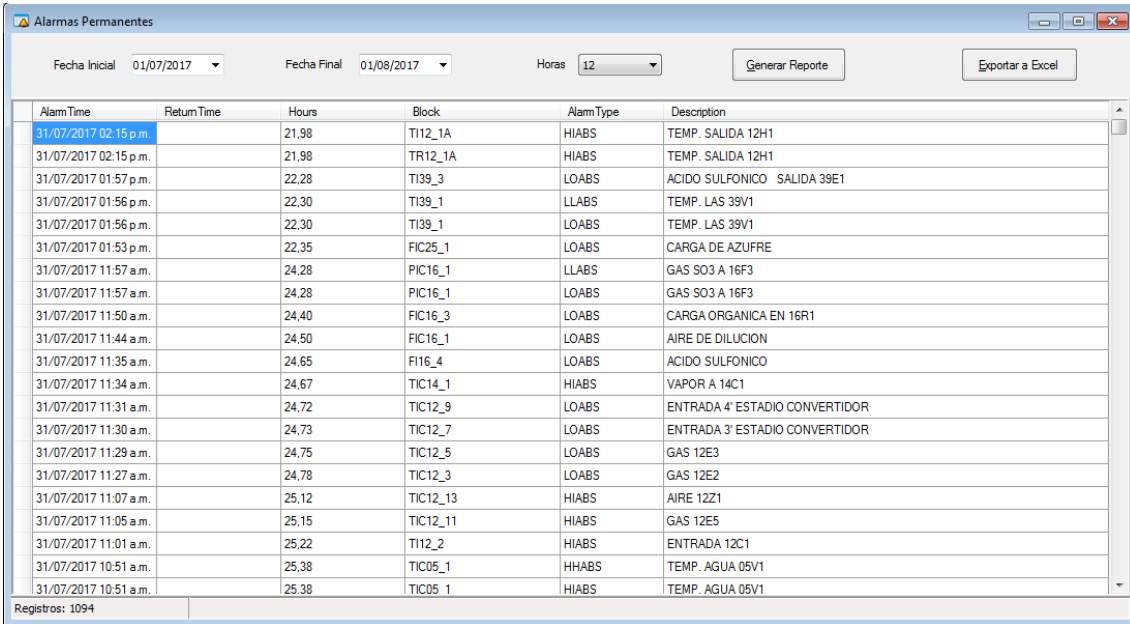
Esta consulta muestra las alarmas que estuvieron activas más de 12 hs. o 24 hs. según se seleccione.

Sistema de gestión de alarmas en sistemas de control de proceso industrial

Si una alarma está activa por un período largo de tiempo, significa que la acción del operador no es suficiente para que la alarma desaparezca.

El problema radica en que estas alarmas contaminan las páginas de resúmenes de alarmas y las pantallas de proceso.

La figura 16 presenta la consulta de alarmas permanentes en intervalos de 12 horas.



AlarmTime	ReturnTime	Hours	Block	AlarmType	Description
31/07/2017 02:15 p.m.		21.98	TI12_1A	HIABS	TEMP. SALIDA 12H1
31/07/2017 02:15 p.m.		21.98	TR12_1A	HIABS	TEMP. SALIDA 12H1
31/07/2017 01:57 p.m.		22.28	TI39_3	LOABS	ACIDO SULFONICO SALIDA 39E1
31/07/2017 01:56 p.m.		22.30	TI39_1	LLABS	TEMP. LAS 39V1
31/07/2017 01:56 p.m.		22.30	TI39_1	LOABS	TEMP. LAS 39V1
31/07/2017 01:53 p.m.		22.35	FIC25_1	LOABS	CARGA DE AZUFRE
31/07/2017 11:57 a.m.		24.28	PIC16_1	LLABS	GAS SO3 A 16F3
31/07/2017 11:57 a.m.		24.28	PIC16_1	LOABS	GAS SO3 A 16F3
31/07/2017 11:50 a.m.		24.40	FIC16_3	LOABS	CARGA ORGANICA EN 16R1
31/07/2017 11:44 a.m.		24.50	FIC16_1	LOABS	AIRE DE DILUCION
31/07/2017 11:35 a.m.		24.65	F16_4	LOABS	ACIDO SULFONICO
31/07/2017 11:34 a.m.		24.67	TIC14_1	HIABS	VAPOR A 14C1
31/07/2017 11:31 a.m.		24.72	TIC12_9	LOABS	ENTRADA 4' ESTADIO CONVERTIDOR
31/07/2017 11:30 a.m.		24.73	TIC12_7	LOABS	ENTRADA 3' ESTADIO CONVERTIDOR
31/07/2017 11:29 a.m.		24.75	TIC12_5	LOABS	GAS 12E3
31/07/2017 11:27 a.m.		24.78	TIC12_3	LOABS	GAS 12E2
31/07/2017 11:07 a.m.		25.12	TIC12_13	HIABS	AIRE 12Z1
31/07/2017 11:05 a.m.		25.15	TIC12_11	HIABS	GAS 12E5
31/07/2017 11:01 a.m.		25.22	TI12_2	HIABS	ENTRADA 12C1
31/07/2017 10:51 a.m.		25.38	TIC05_1	HHABS	TEMP. AGUA 05V1
31/07/2017 10:51 a.m.		25.38	TIC05_1	HIABS	TEMP. AGUA 05V1

Registros: 1094

Figura 16 - Gestor de alarmas, Alarmas permanentes

Alarmas por condición

Esta consulta devuelve la cantidad de alarmas encontradas por prioridad o por tipo de alarma.

1. Cantidad de alarmas por prioridad: El reporte se utiliza para conocer el ranking de importancia en la activación de las alarmas.

Generalmente se definen tres prioridades de alarmas: alta, media y baja.

La prioridad de una alarma determina el orden con el que el operador deberá responder a esa alarma, es decir, determina la importancia relativa de las alarmas.

Sistema de gestión de alarmas en sistemas de control de proceso industrial

Lo que se espera en un sistema de alarmas bien diseñado, es que la prioridad de la mayor cantidad de alarmas activadas sea la menor. La figura 17 presenta la consulta de alarmas por prioridad.

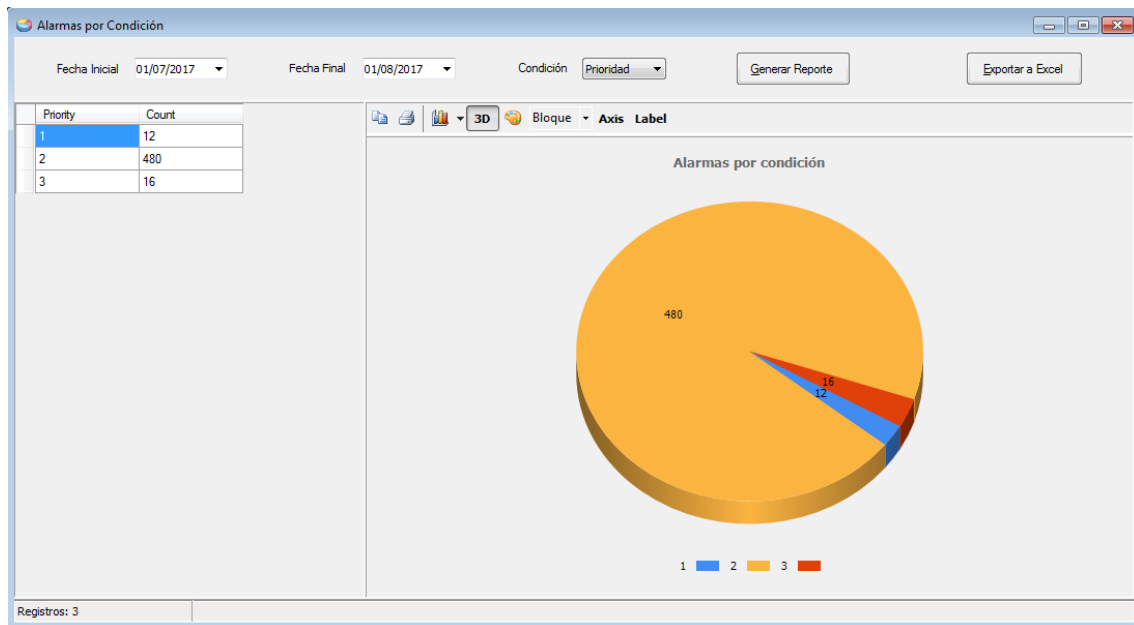


Figura 17 - Gestor de alarmas, Alarmas por prioridad

2. Cantidad de alarmas por tipo: Esta consulta permite conocer la causa raíz de la mayor cantidad de alarmas.

Por ejemplo, el tipo de alarmas IOBADS corresponde a mal funcionamiento de los instrumentos.

La figura 18 presenta la consulta de alarmas por tipo.

Sistema de gestión de alarmas en sistemas de control de proceso industrial

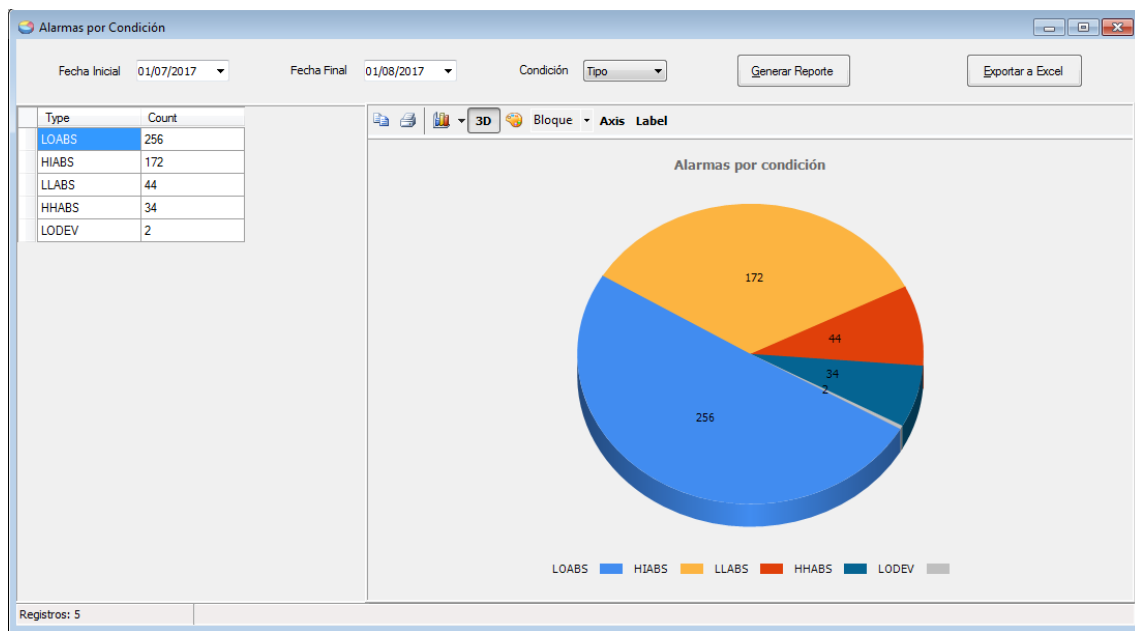


Figura 18 - Gestor de alarmas, Alarmas por tipo

- **Visualizar secuencia de eventos**

Esta consulta permite visualizar para un período especificado la secuencia de eventos generada.

Se visualiza toda la información de los eventos: fecha, estación, compuesto, bloque, descripción, prioridad, tipo de evento, tipo de alarma, valor, seteo, unidad, texto de la alarma, consola.

Esta consulta es muy útil cuando ocurre un evento inesperado, para poder analizar la secuencia de eventos generada antes de ocurrido el incidente. La figura 19 presenta la consulta de visualización de secuencia de eventos.

Sistema de gestión de alarmas en sistemas de control de proceso industrial

Event Time	Compound	Block	Description	Priority	Event Type	Alarm Type	Alarm Value	Alarm Set	Eng Unit	Alarm Text	Console
01/08/2017 10:09 a.m.	SEC39_01	FI39_1	RECICLO ACIDO SULFONICO	2	ALARM	LOABS	-100	-100	0	BAJO CAUDAL	
01/08/2017 10:09 a.m.	SEC39_01	FI39_1	RECICLO ACIDO SULFONICO	2	ALARM	LOABS	-100	-100	0	BAJO CAUDAL	
01/08/2017 09:41 a.m.	SEC16_01	TDI16_1	DELTA T AGUA PRIMER CAMISA	1	ALARM	HIABS	2.00391	2.00391	2	ALTA TEMP.	
01/08/2017 09:41 a.m.	SEC16_01	TDI16_1	DELTA T AGUA PRIMER CAMISA	1	ALARM	HIABS	2.00391	2.00391	2	ALTA TEMP.	
01/08/2017 08:24 a.m.	SEC06_01	TI06_9	TEMPERATURA OV2C	2	RETURN	LLABS	1.00195	1.00195	0	MUY BAJA	
01/08/2017 08:24 a.m.	SEC06_01	TI06_9	TEMPERATURA OV2C	2	RETURN	LOABS	1.00195	1.00195	0	BAJA	
01/08/2017 08:24 a.m.	SEC06_01	TI06_9	TEMPERATURA OV2C	2	RETURN	LLABS	1.00195	1.00195	0	MUY BAJA	
01/08/2017 08:24 a.m.	SEC06_01	TI06_9	TEMPERATURA OV2C	2	RETURN	LOABS	1.00195	1.00195	0	BAJA	
01/08/2017 07:55 a.m.	SEC06_01	TI06_9	TEMPERATURA OV2C	2	ALARM	LLABS	-0.00195313	-0.00195313	0	MUY BAJA	
01/08/2017 07:55 a.m.	SEC06_01	TI06_9	TEMPERATURA OV2C	2	ALARM	LOABS	-0.00195313	-0.00195313	0	BAJA	
01/08/2017 07:55 a.m.	SEC06_01	TI06_9	TEMPERATURA OV2C	2	ALARM	LLABS	-0.00195313	-0.00195313	0	MUY BAJA	
01/08/2017 07:55 a.m.	SEC06_01	TI06_9	TEMPERATURA OV2C	2	ALARM	LOABS	-0.00195313	-0.00195313	0	BAJA	
31/07/2017 06:40 p.m.	SEC14_01	AI14_4	SO2 DETECTOR OESTE	2	RETURN	HIABS	0.442708	0.442708	0.5	ALTA CONC.	
31/07/2017 06:40 p.m.	SEC14_01	AI14_4	SO2 DETECTOR OESTE	2	RETURN	HIABS	0.442708	0.442708	0.5	ALTA CONC.	
31/07/2017 06:39 p.m.	SEC14_01	AI14_4	SO2 DETECTOR OESTE	2	ALARM	HIABS	0.927083	0.927083	0.5	ALTA CONC.	
31/07/2017 06:39 p.m.	SEC14_01	AI14_4	SO2 DETECTOR OESTE	2	ALARM	HIABS	0.927083	0.927083	0.5	ALTA CONC.	
31/07/2017 04:51 p.m.	SEC14_01	AI14_4	SO2 DETECTOR OESTE	2	RETURN	HIABS	0.447917	0.447917	0.5	ALTA CONC.	
31/07/2017 04:51 p.m.	SEC14_01	AI14_4	SO2 DETECTOR OESTE	2	RETURN	HIABS	0.447917	0.447917	0.5	ALTA CONC.	
31/07/2017 04:51 p.m.	SEC14_01	AI14_4	SO2 DETECTOR OESTE	2	ALARM	HIABS	1.65104	1.65104	0.5	ALTA CONC.	
31/07/2017 04:51 p.m.	SEC14_01	AI14_4	SO2 DETECTOR OESTE	2	RETURN	HIABS	0	0	0.5	ALTA CONC.	
31/07/2017 04:51 p.m.	SEC14_01	AI14_4	SO2 DETECTOR OESTE	2	RETURN	HIABS	0	0	0.5	ALTA CONC.	
31/07/2017 04:51 p.m.	SEC14_01	AI14_4	SO2 DETECTOR OESTE	2	RETURN	HIABS	0	0	0.5	ALTA CONC.	
31/07/2017 04:51 p.m.	SEC14_01	AI14_4	SO2 DETECTOR OESTE	2	ALARM	HIABS	0.755208	0.755208	0.5	ALTA CONC.	
31/07/2017 04:51 p.m.	SEC14_01	AI14_4	SO2 DETECTOR OESTE	2	ALARM	HIABS	0.755208	0.755208	0.5	ALTA CONC.	

Figura 19 - Gestor de alarmas, Secuencia de eventos

- **Actualizar tags**

Los eventos generados en las consolas de los sistemas de control son dinámicos, dado que los usuarios de control avanzado pueden configurar nuevos eventos o modificar los existentes. Esta información se deberá mantener actualizada para realizar correctamente el cálculo de los indicadores de performance de alarmas.

Desde esta ventana se pueden importar los datos de todos los eventos del sistema de control y en que consola se generan, para luego poder actualizarlos. La figura 20 presenta la pantalla de actualización de tags.

Sistema de gestión de alarmas en sistemas de control de proceso industrial

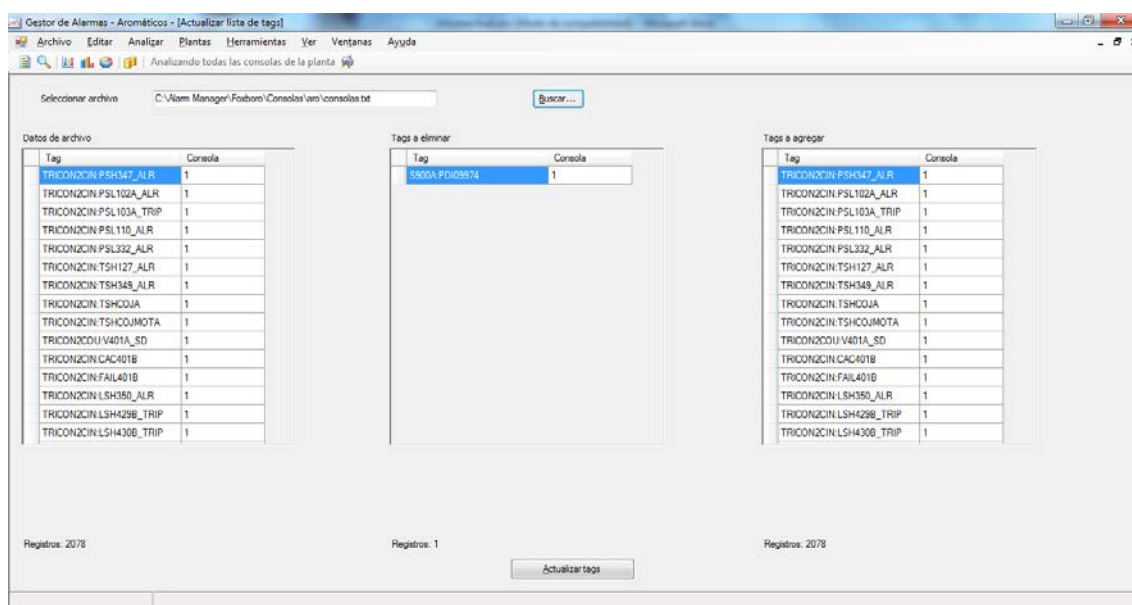


Figura 20 - Gestor de alarmas, Actualización de tags

5.3 Desarrollo de Planilla de Cálculo

Para que el personal de operaciones y procesos de cada planta pueda realizar el seguimiento de los sistemas de alarmas, se creó una planilla de cálculo para realizar consultas y crear reportes que permitan conocer los indicadores definidos (KPI) para controlar la gestión.

Dicha planilla se desarrolló con las herramientas homologadas en la empresa, en este caso se utilizó Microsoft Excel.

En su primera versión, el complemento fue creado para versión de Excel 2003 ya que esta era la versión de Office utilizada por la empresa en aquel momento. Durante el desarrollo del actual trabajo, YPF migró a Excel 2007 y posteriormente a Excel 2010, que es la versión vigente a la fecha de emisión de este informe.

En Excel 2003, el manejo y configuración del menú es bastante diferente a como se gestiona en Excel 2007 y 2010, por lo que el mayor trabajo realizado durante la migración se focalizó en esta área. Asimismo, con la migración de Windows XP a Windows 7 - sistema operativo vigente en la empresa al momento de emitir este informe - los archivos de ayuda .hlp (Winhelp) dejaron de utilizarse y ahora se tienen que realizar en archivos .chm (HTML). Aquí también se tuvo que realizar mucho trabajo

para convertir la ayuda del complemento Alarmas a esta última versión de archivos de ayuda.

Para salvar la configuración de los datos predeterminados, se utilizó la grabación de datos en el Registro de Windows (Registry). Ahí se crea una entrada en la carpeta VB and VBA Program Settings bajo la carpeta predefinida HKEY_USERS. Se eligió esta entrada dado que para actualizar las claves de esta carpeta el usuario no necesita ser administrador de la PC, restricción con la que cuenta todos los usuarios comunes en la empresa.

5.3.1 Funcionamiento

El complemento Alarmas permite al usuario realizar distintos tipos de consultas estableciendo una conexión temporaria con la base de datos SQL del servidor de alarmas. Para esto, se utiliza un usuario con permisos de lectura que solamente puede leer sin posibilidad alguna de modificar datos en el servidor. Al momento de instalarse el complemento, solo se debe configurar la conexión apuntando al nombre o dirección IP del servidor de alarmas.

Para mostrar los resultados de las consultas, el usuario puede elegir entre la salida de los datos crudos en la hoja actual del libro abierto activo, o un reporte gráfico que incorpora una hoja nueva en el libro activo con los datos obtenidos de la consulta. Para esto último, el complemento incluye unas plantillas predefinidas (templates) que son guardadas en la carpeta de instalación del complemento para ser usadas al momento de realizar los reportes gráficos. En la carpeta de instalación, también se guarda el archivo de ayuda .chm.

El complemento es un archivo .xlam que al momento de la instalación se salva en una carpeta en la que se guardan los complementos de Excel por defecto. La ruta de esta carpeta depende de la versión de Excel utilizada y una vez que el complemento ha sido instalado, el usuario puede elegir su incorporación al menú a través de Imas a ventana de configuración de la barra de herramientas de Excel.

Sistema de gestión de alarmas en sistemas de control de proceso industrial

Una vez que el usuario ha incorporado el complemento a Excel, este queda disponible a través de la barra de menú siendo esto diferente en Excel 2003 respecto a las versiones posteriores de Excel. Aquí se va a mostrar en detalle la última versión del complemento, pero a modo de ejemplo, en la figura 21, se puede ver cómo era el menú en Excel 2003.

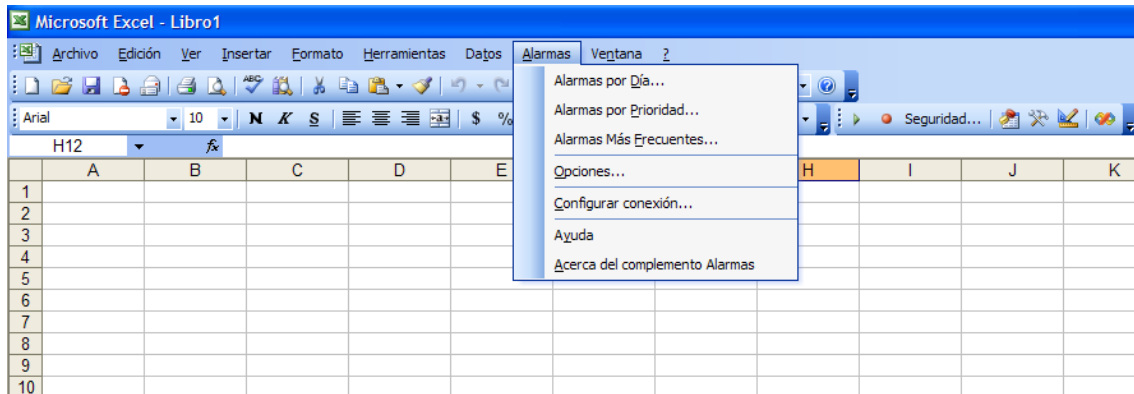


Figura 21 - Planilla de cálculo, Menú 2003

En Excel 2007 y posteriores, el complemento se incorpora en lo que ahora se llama Ribbon o cinta de menús. En la figura 22, se puede ver cómo queda el menú en estas versiones de Excel.

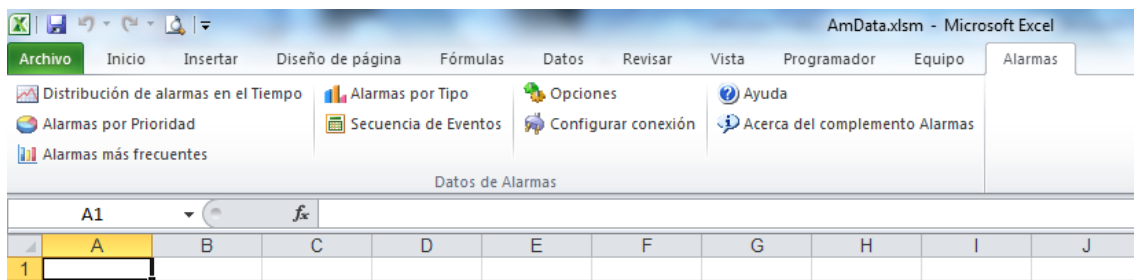


Figura 22 - Planilla de cálculo, Menú 2007

5.3.1.1 Consultas disponibles

Se desarrollaron las siguientes consultas:

- ✓ Distribución de alarmas en el Tiempo
- ✓ Alarmas por Prioridad
- ✓ Alarmas más Frecuentes

- ✓ Alarmas por Tipo
- ✓ Secuencia de Eventos

A continuación, se describen las mismas:

- **Distribución de alarmas en el Tiempo**

La consulta de alarmas en el tiempo devuelve una matriz de datos con dos columnas, una con la fecha y la otra con la cantidad de alarmas distribuidas por intervalos iguales en el período especificado. El intervalo elegido para la distribución puede ser: 1 día, 12 horas, 1 hora o 10 minutos. Estos valores fueron seleccionados porque los KPI típicos sugieren distribuciones en el tiempo con estos intervalos. Un reporte muy utilizado es la distribución de alarmas por día en un mes.

Si se elige la opción de generar un reporte con gráfico en la consulta, la salida será incluida en una hoja nueva después de la última hoja del libro activo.

La figura 23 presenta el cuadro de diálogo Distribución de alarmas en el Tiempo, el cual permite importar las alarmas por intervalo para un período especificado. Para mostrar este cuadro de diálogo, se selecciona el menú Alarmas en la barra de menú de Excel y, a continuación, Distribución de alarmas en el Tiempo.

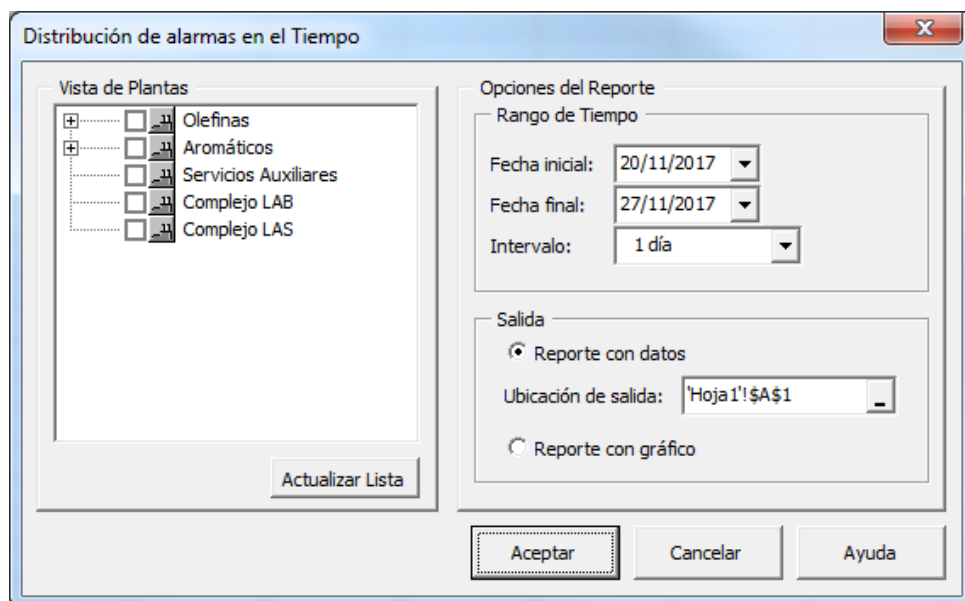


Figura 23 - Planilla de cálculo, Distribución de alarmas en el tiempo

Sistema de gestión de alarmas en sistemas de control de proceso industrial

En la parte izquierda del cuadro, se muestra el árbol de las plantas disponibles (objeto TreeView) para realizar consultas donde en algunas de ellas se puede ver que aparece un signo más (+) que indica que esa planta o complejo posee más de un tablerista y por lo tanto se puede hacer la consulta para cada uno de ellos. Recordar que todos los KPI que se utilizan para tener una idea del impacto del sistema de alarmas en el operador de consola se calculan por operador.

La figura 24 presenta el reporte de distribución de alarmas en el tiempo.

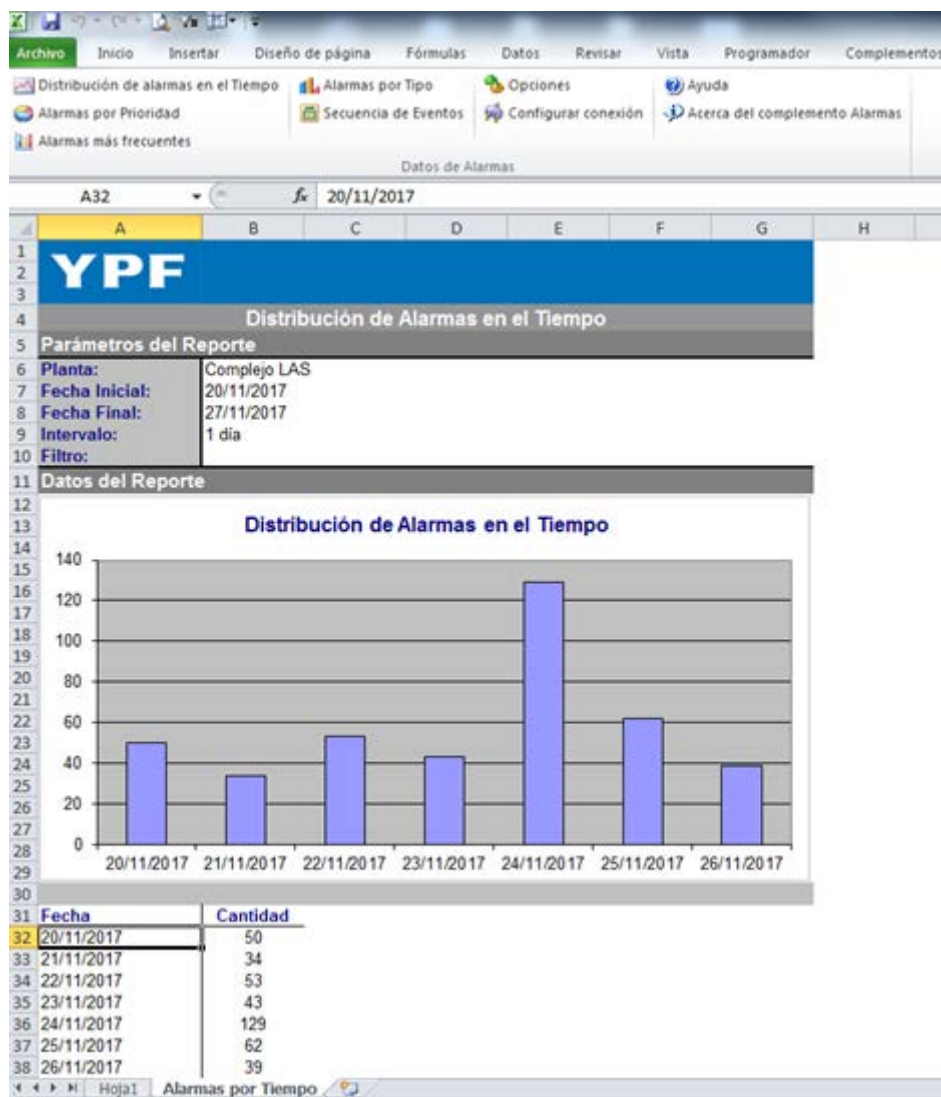


Figura 24 - Planilla de cálculo, Reporte Distribución de alarmas

Sistema de gestión de alarmas en sistemas de control de proceso industrial

- **Alarmas por Prioridad**

La consulta de alarmas por prioridad devuelve una matriz de datos con tres columnas, la primera con la prioridad, la segunda con la cantidad de alarmas por prioridad y la tercera con el porcentaje del total de alarmas.

Si se elige la opción de generar un reporte con gráfico en la consulta, la salida será incluida en una hoja nueva después de la última hoja del libro activo.

El cuadro de diálogo Alarmas por Prioridad le permite importar las alarmas por prioridad para un período especificado.

Para mostrar el cuadro de diálogo Alarmas por Prioridad, seleccione el menú Alarmas en la barra de menú de Excel y, a continuación, Alarmas por Prioridad.

La figura 25 presenta el reporte de alarmas por prioridad.

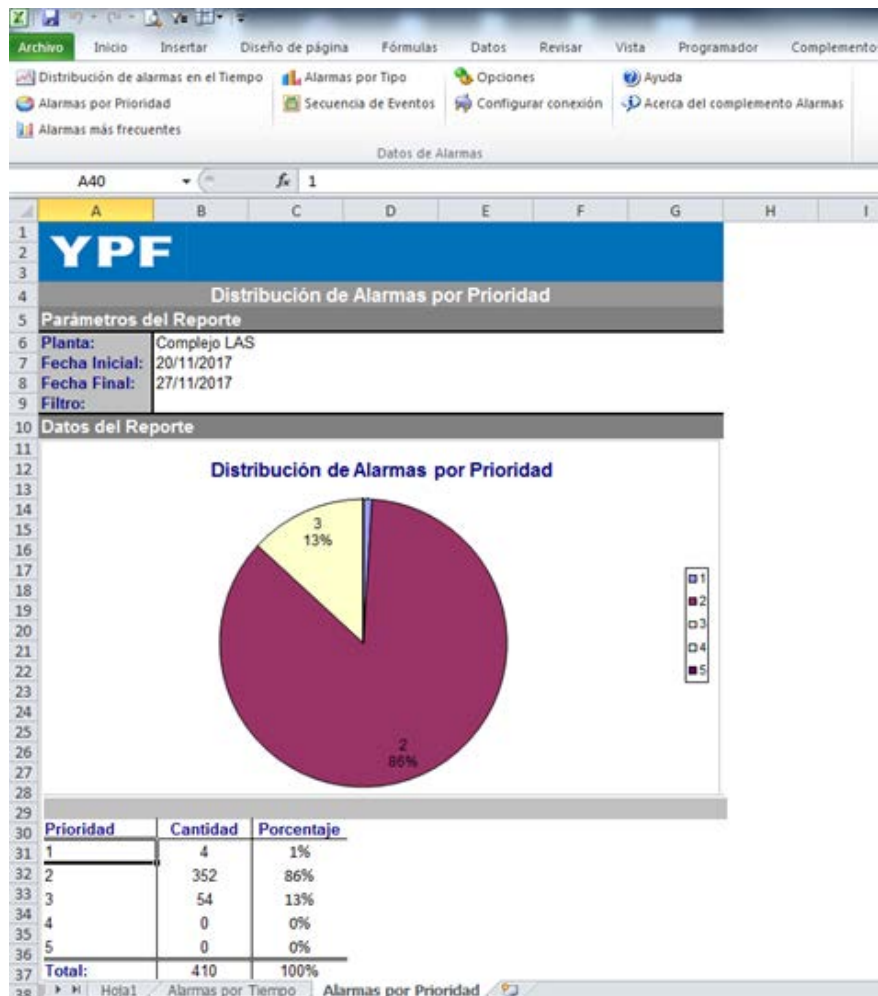


Figura 25 - Planilla de cálculo, Reporte Alarmas por prioridad

- **Alarmas más frecuentes**

La consulta de alarmas más frecuentes devuelve una matriz de datos de tres columnas. En la primera se incluye el nombre del bloque en el DCS (Distributed Control System – Sistema de Control Distribuido) el cual representa el tag de ese punto, la segunda columna es el tipo de alarma asociada al tag de la primera columna, y la tercera es la cantidad de alarmas encontradas para la combinación tag-tipo de alarma en el período especificado. El límite en el período de la consulta es de 7 días.

Nota: un bloque del DCS puede tener varios tipos de alarmas asociados. Por ejemplo, un bloque que representa un punto de indicación analógico puede tener configurado la posibilidad de alarmar por alta o baja indicación. Es decir que se tendrían dos alarmas distintas para el mismo tag. Por tal motivo, las estadísticas deben tratar con la combinación tag-tipo de alarma para diferenciar cada caso según corresponda.

Si se elige la opción de generar un reporte con gráfico en la consulta, la salida será incluida en una hoja nueva después de la última hoja del libro activo.

El cuadro de diálogo Alarmas Más Frecuentes le permite importar las alarmas más frecuentes en el período especificado.

Para mostrar el cuadro de diálogo Alarmas Más Frecuentes, seleccione el menú Alarmas en la barra de menú de Excel y, a continuación, Alarmas Más Frecuentes.

La figura 26 presenta el reporte de alarmas más frecuente.

Sistema de gestión de alarmas en sistemas de control de proceso industrial

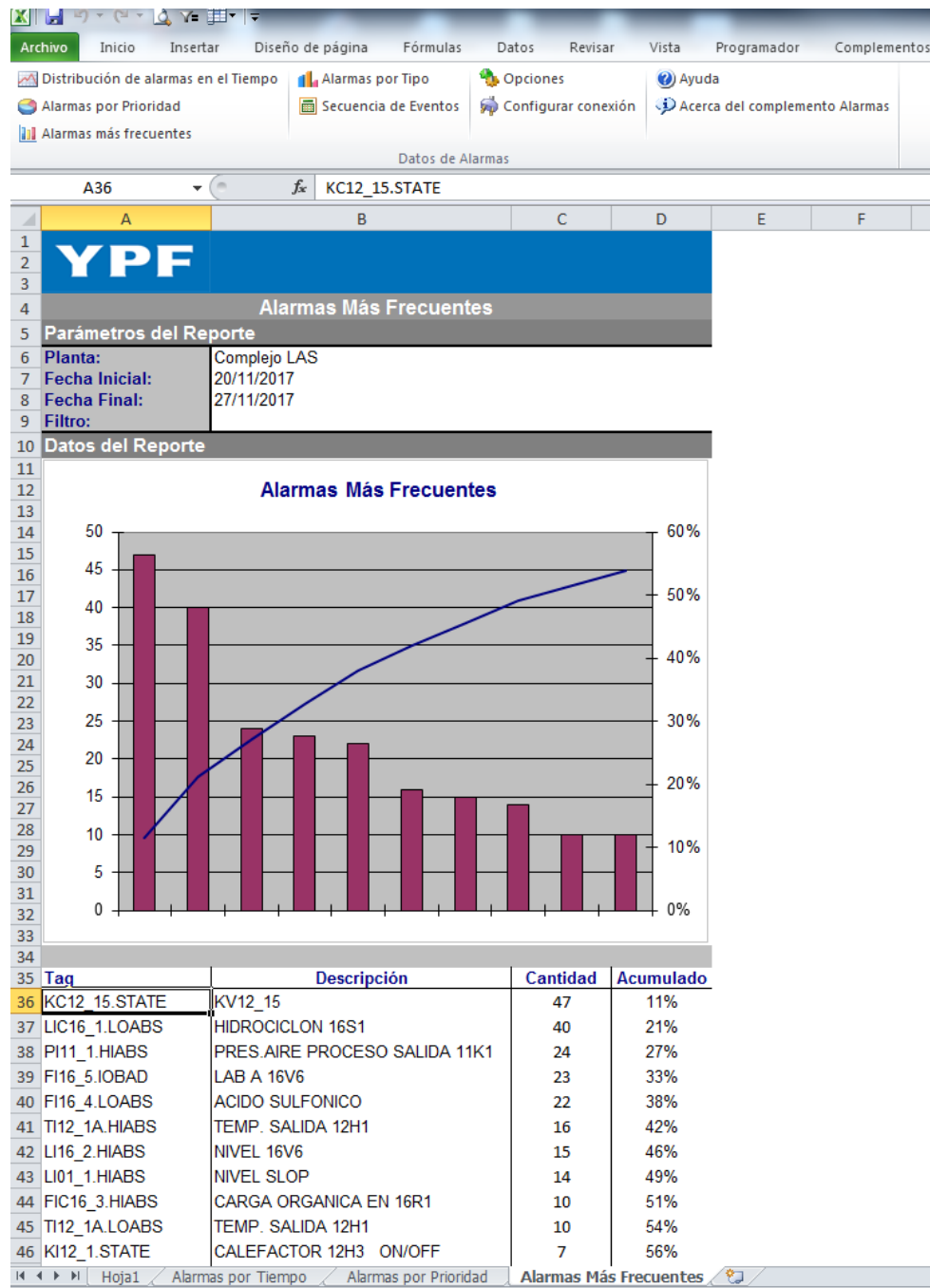


Figura 26 - Planilla de cálculo, Reporte Alarmas más frecuentes

• Alarmas por Tipo

La consulta de alarmas por tipo de alarmas devuelve una matriz de datos de tres columnas, la primera con el tipo de alarma, la segunda con la cantidad de alarmas y la tercera con el porcentaje respecto al total de alarmas para el período especificado. La figura 27 presenta el reporte de alarmas por tipo.

Sistema de gestión de alarmas en sistemas de control de proceso industrial

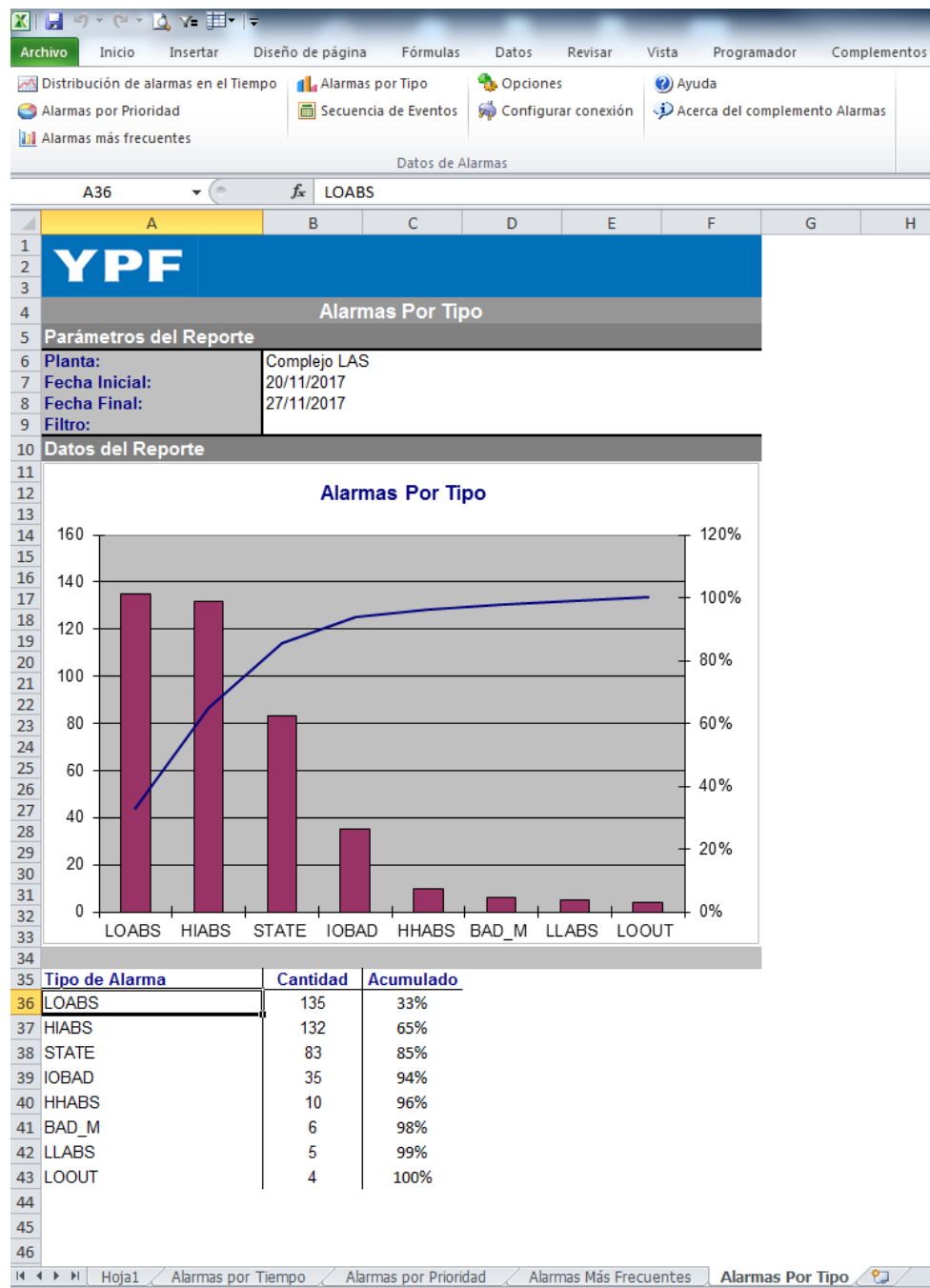


Figura 27 - Planilla de cálculo, Reporte Alarmas por tipo

- **Secuencia de Eventos**

La consulta de secuencia de eventos devuelve una matriz de datos de nueve columnas: fecha, tag, descripción, prioridad, mensaje, alarma, valor, límite y texto.

La figura 28 presenta el reporte de secuencia de eventos.

Sistema de gestión de alarmas en sistemas de control de proceso industrial

Libro1 - Microsoft Excel

ArchivoInicioInsertarDiseño de páginaFórmulasDatosRevisarVistaProgramadorComplementosAcrobatPI DataLinkAlarmas

<

Figura 28 - Planilla de cálculo, Reporte Secuencia de eventos

5.3.1.2 Configuración

- Salida**

Todas las consultas del complemento Alarmas permiten generar reportes con gráficos como salida. Estos reportes se incluyen en una hoja nueva del libro activo, la cual es insertada después de la última hoja al momento de generar el reporte.

Para la consulta de alarmas por día, se genera un reporte con un gráfico de barras donde se muestra la cantidad de alarmas por día en el período especificado.

Para la consulta de alarmas por prioridad, se genera un gráfico circular con la distribución de alarmas por prioridades en el período especificado.

Para la consulta de alarmas más frecuentes, se genera un reporte con un gráfico de barras para las primeras 10 alarmas que tienen la mayor cantidad de alarmas en el

período especificado y una línea de tendencia con el acumulado que permite saber el porcentaje del total de alarmas representado por estas alarmas para el período especificado. En la tabla de datos del reporte, se muestran las primeras 20 alarmas.

Para generar reportes con gráficos en las consultas se debe hacer clic en el botón Configuración, ir a la solapa Salida y activar la casilla junto al texto Reporte con gráfico.

- **Fuente de datos**

El complemento Alarmas permite establecer una planta como la preferida al momento de realizar una consulta. Para hacer uso de esta opción se debe hacer clic en el botón Configuración y ahí escoger la solapa Fuente de datos para seleccionar la planta de la lista desplegable. Una vez elegida la planta picar en el botón Establecer como predeterminado y a partir de entonces será la planta por defecto para ejecutar consultas.

- **Servidor de alarmas**

Para definir el servidor de alarmas utilizado se debe hacer clic en el botón Configuración y ahí escoger la solapa Servidor de Alarmas para ingresar el nombre del servidor. Una vez ingresado el nombre del mismo puede picar en el botón Establecer como predeterminado y a partir de entonces será el servidor por defecto para ejecutar consultas.

- **Opciones**

El cuadro de diálogo Opciones permite configurar un aviso de sobrescritura de datos existentes en el rango de salida de la consulta. Para hacer uso de esta opción, se debe ir a la ficha General y activar la casilla junto al texto Avisar antes de sobrescribir el contenido de la hoja.

Si la casilla está desactivada o si activa No volver a preguntar en el cuadro de diálogo Aviso de sobrescritura, no recibirá ninguna advertencia y los datos de salida sobrescribirán directamente los datos existentes. En la figura 29 se presenta el cuadro de diálogo Opciones.

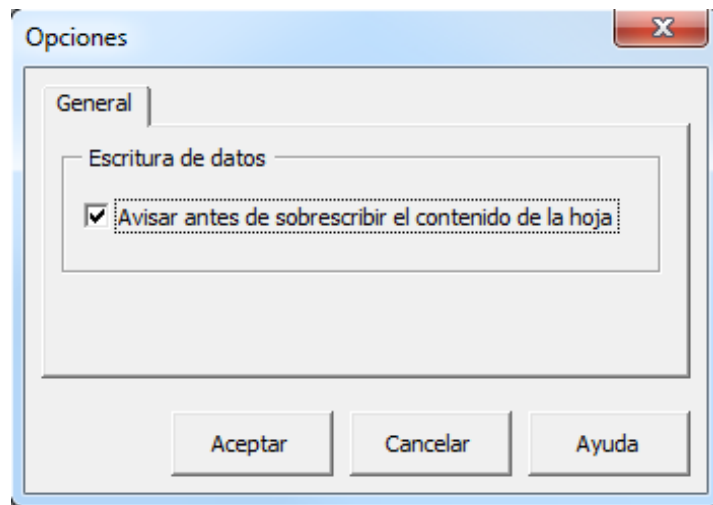


Figura 29 - Planilla de cálculo, Menú Opciones

- **Configuración de la conexión**

El cuadro de diálogo Configuración de la conexión permite configurar la conexión al servidor de alarmas. Para esto se debe ir al menú Alarmas y seleccionar Configurar conexión. En este cuadro de diálogo, ingresar en el cuadro de texto el nombre del servidor o su dirección IP.

Si se desea hacer una prueba para saber si la conexión puede ser establecida, hacer clic en el botón Prueba.

Una vez ingresado el nombre del servidor o su dirección IP, hacer clic en el botón Aceptar y a partir de entonces ese será el servidor de alarmas utilizado para realizar las consultas.

En la figura 30 se presenta el cuadro de diálogo Configuración de la conexión.

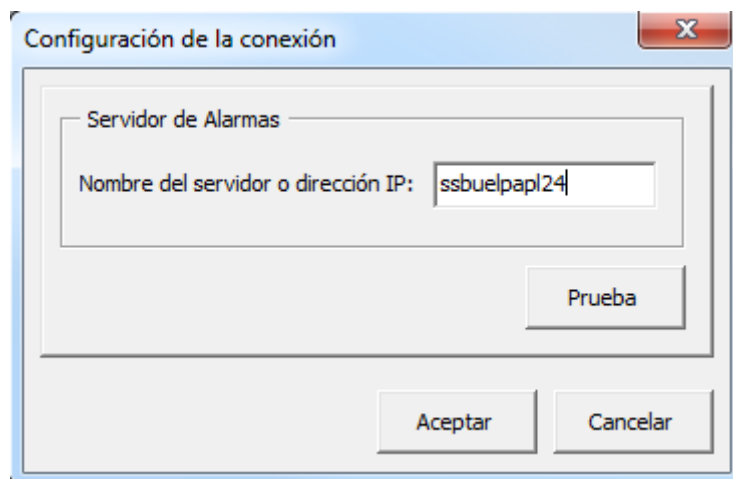


Figura 30 - Planilla de cálculo, Configuración de la conexión

- **Ayuda**

Desde el menú Alarmas y a continuación Ayuda, se puede acceder a la ayuda de la planilla de cálculo. La misma brinda al usuario información de cómo operar con la herramienta.

La figura 31 presenta la ayuda de la planilla de cálculo.

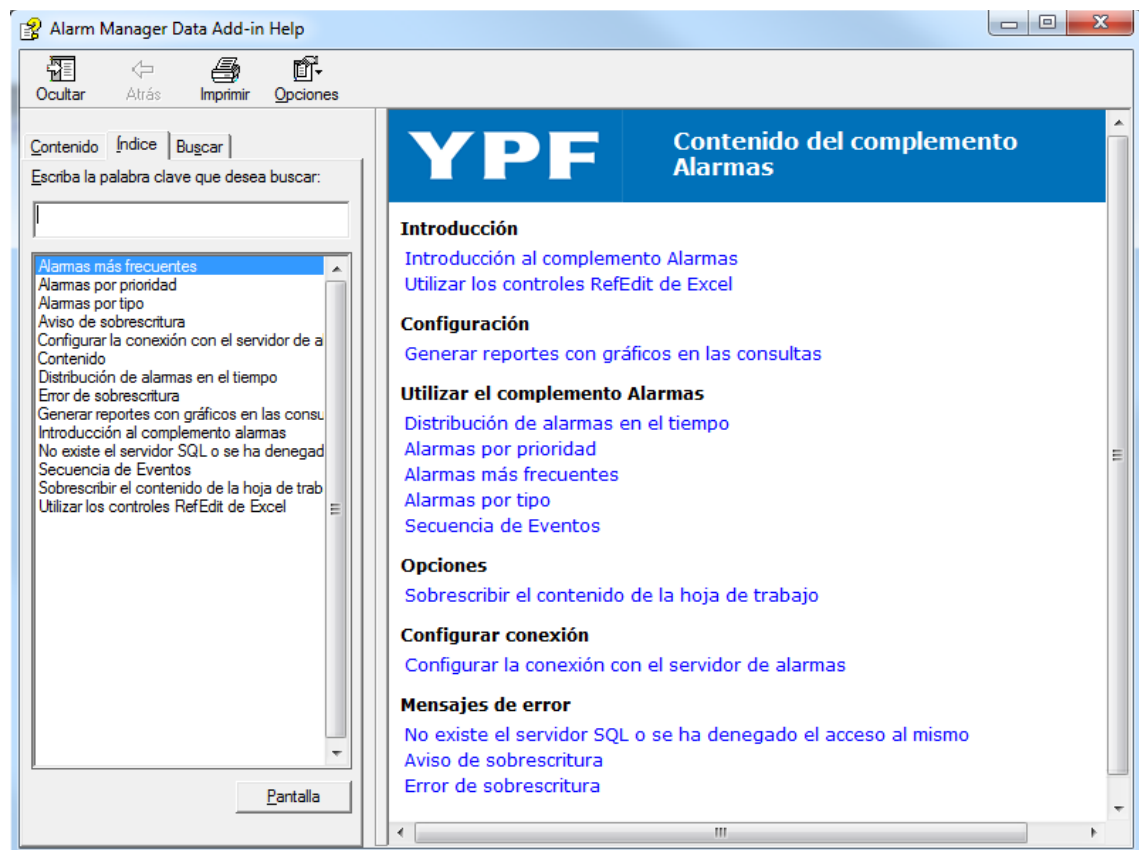


Figura 31 - Planilla de cálculo, Ayuda



6 Conclusiones y Trabajos Futuros

En este capítulo se exponen las conclusiones del trabajo y las mejoras que se proponen a futuro para aplicar sobre la herramienta desarrollada.

6.1 Conclusiones

La gestión de alarmas asumió un papel importante en la planificación de la seguridad en industrias de proceso, como mecanismo utilizado para asegurar que las alarmas sean correctamente diseñadas e implementadas en los sistemas de alarmas de los sistemas de control distribuidos.

Las herramientas existentes en el mercado son costosas y su implementación puede ser compleja, debido a las interfaces que utilizan y a que no todas las plantas actuales poseen sistemas de control con la habilidad de comunicarse a través de estas interfaces. En líneas generales y teniendo en cuenta lo anterior, la presente tesina tuvo como finalidad desarrollar un sistema para coleccionar, almacenar y realizar cálculos estadísticos con las alarmas de los sistemas de control del Complejo Industrial Ensenada de YPF:

- **Gestor de Alarmas:** se desarrolló de una herramienta de software para el personal del sector encargado de la administración de los sistemas de control. En dicha herramienta es posible obtener el cálculo de los principales indicadores de performance, generar distintos tipos de reportes requeridos para el análisis de la información pertinente, y cuenta con un módulo destinado a la configuración de las alarmas.
- **Planilla de Cálculo:** en cuanto al personal de operaciones, se desarrolló una herramienta de uso sencillo y práctico, una planilla de cálculo, en donde es posible visualizar los principales indicadores a fin de monitorear la performance del sistema de alarmas.
- **Colector de Alarmas:** si bien el sistema de alarmas utilizaba un colector existente para obtener la información desde los sistemas de control, debido a una actualización en los sistemas de YPF, fue requerido la implantación de un nuevo colector que funcione bajo Windows.

Finalmente, a partir de la experiencia en el caso de estudio y de los objetivos planteados inicialmente, se puede concluir que la utilización de las herramientas desarrolladas, asiste en la ejecución de las tareas diarias llevadas a cabo para mantener el sistema de alarmas de los sistemas de control y asegura su correcto funcionamiento como herramienta de análisis y alerta, en el desempeño de los procesos en los que está implementado dicho sistema.

Además, se pudo obtener un colector de alarmas que se ajusta perfectamente a las capacidades de los sistemas de control para los cuales se diseñó.

6.2 Trabajos futuros

Se proponen las siguientes mejoras a aplicar sobre la herramienta desarrollada:

- Incorporar los mensajes de la cola que corresponden a las acciones del operador: esta información permitiría analizar de manera conjunta las alarmas y las acciones del operador ante un evento determinado. Hoy en día se analiza por separado.
- Habilitar un módulo que permita al administrador del sistema analizar el estado de la configuración de los datos. Por ejemplo: identificar si hay mensajes sin consola asociada.
- Agregar la posibilidad de filtrar alarmas en las consultas: esta modificación tiene su fundamento en que una planta puede estar parada (en mantenimiento) en un determinado momento, y se requieren excluir sus alarmas de un reporte determinado.



Bibliografía

Anexo I

7 Bibliografía

- Queirolo Ignacio, Gestión de alarmas: un punto clave en la planificación de la seguridad, Petrotecnia - Año 52, no. 1. 2011; p. 72-77.
- EEMUA Publication No.191 (1999). "Alarm System: A guide to design, management and procurement". The Engineering Equipment and Materials Users' Association.
- ANSI/ISA-18.2-2009 – Management of Alarm Systems for the Process Industries
- PAS, Inc. The Alarm Management Handbook – ISBN 0-9778969-0-0
- Hollifield & Habibi. The Alarm Management Handbook.
- Fundamentos de bases de datos. Abraham Silberschatz, Henry F. Korth, S. Sudarshan. 5a. ed. (c2006).
- Introducción a los sistemas de Bases de Datos. Date. Pearson, 2001.
- Análisis y diseño de sistemas. 8va Edición. Kendall & Kendall. Pearson, 2011.
- Ingeniería de Software. 9na Edición. Ian Sommerville. Pearson, 2011.
- La República Argentina y su Industria Petroquímica. Instituto Petroquímico Argentino.
- Empresa YPF. "Energía". Recuperado en febrero 2018, de www.ypf.com/energiaypf/paginas/sustentabilidad.html
- Empresa YPF. "Energía". Recuperado en febrero 2018, de www.ypf.com/energiaypf/paginas/cmass.html
- Empresa YPF. "Química". Recuperado en febrero 2018, de: www.ypf.com/productosyservicios/Paginas/Quimica.aspx
- Empresa YPF. "Química. Productos y Servicios". Recuperado en febrero 2018, de: www.ypf.com/productosyservicios
- docs.microsoft.com

- www.sql-server-performance.com
- www.recursovisualbasic.com.ar

8 Anexo I

Este anexo describe la lógica utilizada para identificar los distintos tipos de eventos provistos por el colector Messages Manager.

Validaciones comunes a todos los tipos de eventos:

EventType: el tipo de evento se obtiene del campo Line2, a partir de la posición 77 y tiene una longitud de 8 caracteres.

AlarmType: el tipo de alarma se obtiene del campo Line1, a partir de la posición 77 y tiene una longitud de 6 caracteres.

Description: la descripción del evento se obtiene del campo Line1, a partir de la posición 40 y tiene una longitud de 32 caracteres.

Compound: se obtiene del campo Address, a partir de la primera posición y hasta encontrar el símbolo ":".

Block: se obtiene del campo Address, a partir del símbolo ":" y hasta el final del campo.

Validaciones según el tipo de evento generado:

- **Alarmas de proceso nuevas**

Son los eventos donde:

- EventType = 'ALARM' y
- AlarmType <> 'STATE'.

En este caso se deberán considerar los siguientes datos:

- EventType = 'ALARM'
- AlarmValue = se obtendrá del campo Line2, a partir de la posición 17 y con una longitud de 8 caracteres.
- AlarmSet = se obtendrá del campo Line2, a partir de la posición 37 y con una longitud de 7 caracteres.

- EngUnit = se obtendrá del campo Line2, a partir de la posición 27 y con una longitud de 6 caracteres.
- AlarmText = se obtendrá del campo Line2, a partir de la posición 45 y con una longitud de 32 caracteres.

- **Alarmas de estado nuevas**

Son los eventos donde:

- EventType contiene el string 'Pnt%',
- El valor del campo Line2 a partir de la posición 19 y con una longitud de 9 caracteres es igual a 'ALARM' y
- AlarmType = 'STATE'.

En este caso se deberán considerar los siguientes datos:

- EventType = 'ALARM'
- AlarmText = se obtendrá del campo Line2, a partir de la posición 34 y con una longitud de 43 caracteres.
- AlarmValue = ""
- AlarmSet = ""
- EngUnit = ""

- **Alarmas de IO Bad**

Son los eventos donde:

- AlarmType = 'IOBAD' y
- Priority <> 5

En este caso se deberán considerar los siguientes datos:

- EventType = 'ALARM'
- AlarmText = se obtendrá del campo Line2, a partir de la posición 42 y con una longitud de 35 caracteres.
- AlarmValue = ""

- AlarmSet = ""
- EngUnit = ""

- **Alarmas de Bad Measurement**

Son los eventos donde:

- AlarmType = 'BAD_M'

En este caso se deberán considerar los siguientes datos:

- EventType = 'ALARM'
- AlarmText = se obtendrá del campo Line2, a partir de la posición 42 y con una longitud de 35 caracteres.
- AlarmValue = ""
- AlarmSet = ""
- EngUnit = ""

- **Mensajes de alarmas reconocidas**

Son los eventos donde:

- AlarmType = 'ALACK'

En este caso se deberán considerar los siguientes datos:

- EventType = 'ACK'
- AlarmText = ""
- AlarmValue = ""
- AlarmSet = ""
- EngUnit = ""

- **Mensajes de alarmas de proceso normalizadas**

Son los eventos donde:

- EventType = 'RETURN'

En este caso se deberán considerar los siguientes datos:

- EventType = 'RETURN'
- AlarmValue = se obtendrá del campo Line2, a partir de la posición 17 y con una longitud de 8 caracteres.
- AlarmSet = se obtendrá del campo Line2, a partir de la posición 37 y con una longitud de 7 caracteres.
- EngUnit = se obtendrá del campo Line2, a partir de la posición 27 y con una longitud de 6 caracteres.
- AlarmText = se obtendrá del campo Line2, a partir de la posición 45 y con una longitud de 32 caracteres.

- **Mensajes de alarmas de estado normalizadas**

Son los eventos donde:

- EventType contiene el string 'Pnt%',
- El valor del campo Line2 a partir de la posición 19 y con una longitud de 9 caracteres es igual a 'RETURN' y
- AlarmType = 'STATE'.

En este caso se deberán considerar los siguientes datos:

- EventType = 'RETURN'
- AlarmText = se obtendrá del campo Line2, a partir de la posición 34 y con una longitud de 43 caracteres.
- AlarmValue = ""
- AlarmSet = ""
- EngUnit = ""

- **Mensajes de alarmas de IO Bad normalizadas**

Son los eventos donde:

- AlarmType = 'IOBAD'.
- Priority = 5.

En este caso se deberán considerar los siguientes datos:

- EventType = 'RETURN'
- AlarmText = se obtendrá del campo Line2, a partir de la posición 42 y con una longitud de 35 caracteres.
- AlarmValue = ""
- AlarmSet = ""
- EngUnit = ""

- **Mensajes de alarmas habilitadas**

Son los eventos donde:

- AlarmType = 'ENABLE'.

En este caso se deberán considerar los siguientes datos:

- EventType = @AlarmType
- AlarmText = se obtendrá del campo Line2, a partir de la posición 45 y con una longitud de 32 caracteres.
- AlarmValue = ""
- AlarmSet = ""
- EngUnit = ""

- **Mensajes de alarmas inhabilitadas**

Son los eventos donde:

- AlarmType = 'DISABL'.

En este caso se deberán considerar los siguientes datos:

- EventType = 'DISABLE'.
- AlarmText = se obtendrá del campo Line2, a partir de la posición 45 y con una longitud de 32 caracteres.
- AlarmValue = ""
- AlarmSet = ""

- EngUnit = ""

- **Mensajes de cambios de estado**

Son los eventos donde:

- AlarmType = 'CHANGE'.

En este caso se deberán considerar los siguientes datos:

- EventType = 'CHANGE'
- AlarmText = se obtendrá del campo Line2, a partir de la posición 45 y con una longitud de 32 caracteres.
- AlarmValue = ""
- AlarmSet = ""
- EngUnit = ""

- **Mensajes no reconocidos**

Si se generó un evento y no se correspondió con ninguna de las opciones anteriores se deberá considerar como un evento no reconocido.

En este caso se deberán considerar los siguientes datos:

- EventType = 'UNKNOWN'
- AlarmValue = ""
- AlarmSet = ""
- EngUnit = ""
- AlarmType = ""
- AlarmText = ""